

Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra mechanické technologie

Řešení pracoviště dělení profilového materiálu

The Solution of Workplace of Cutting Profiled Material

Student: Bc. Jiří Vontroba

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra mechanické technologie

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Vontroba**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 10 Technologický management
Téma: **Řešení pracoviště dělení profilového materiálu**
The Solution of Workplace of Cutting Profiled Material

Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky. Základní pojmy.
2. Analýza současného stavu z hlediska výrobního sortimentu, stávající technologie, organizace výroby, efektivity výrobního procesu, kvality výroby apod.
3. Vyhodnocení analýzy, identifikace problémů, specifikace požadavků na výrobní proces.
4. Návrhy řešení a jejich komplexní posouzení.
5. Celkové zhodnocení přínosu práce.

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN ISO 690 (01 0197) *Informace a dokumentace: Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů*. Praha: ÚNMZ, 2011. 40 s.
BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2
HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby*. Vyd. 2. Praha: Grada Publishing spol. s r.o. 2000. 412 s. ISBN 80-7169-955-1
ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB – TUO, 2012. 223 s. ISBN 978-80-248-2775-9

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

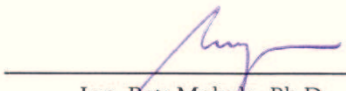
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivana Šajdlerová, Ph.D.**


Konzultant diplomové práce: Ing. Martin Procházka

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing. Petr Mohyla, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 15.5.2014 podpis studenta Ventruba

Prohlašuji, že

- Jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB – TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB – TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo - diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněná v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do její skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 15.5.2014

podpis studenta..... Vontroba

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Jiří Vontroba

Adresa trvalého pobytu autora práce: Bezručova 328, Bohumín – Záblatí
PSČ 735 52

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

VONTROBA, J. *Řešení pracoviště dělení profilového materiálu*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2014, 63 s. Vedoucí práce: Šajdlerová, I.

Diplomová práce je zaměřena na pracoviště dělení profilového materiálu v podniku VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že pracoviště je již za hranicí své životnosti, často dochází k prostojům z důvodů poruch zařízení a pracoviště je úzkým místem celé výroby ocelových konstrukcí. V diplomové práci byly navrženy možné alternativy řešení daného pracoviště. Návrh byl doplněn o propočet návratnosti vložených investic.

ANNOTATION OF THESIS

VONTROBA, J. *The Solution of Workplace of Cutting Profiled Material*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Mechanical Technology, 2014, 63 p. Thesis head: Šajdlerová, I.

This thesis focuses on workplace of cutting profile material in the company VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. The analysis of the current state, it was found that the workplace is already beyond their useful life, often leads to downtime due to failures of equipment and the workplace is the bottleneck of the entire production of steel structures. In this thesis have been proposed possible alternative solutions of the workplace. The proposal was accompanied by a calculation of return of investment.

OBSAH

OBSAH	6
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	8
ÚVOD	10
1 OBEČNÁ CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	11
1.1 OBRÁBĚCÍ STROJE	11
1.1.1 Teorie obnovy strojů	11
1.1.2 Jednouúčelové obráběcí stroje	11
1.1.3 Automatizované obráběcí linky	14
1.1.4 CNC obráběcí stroje.....	15
1.2 SYSTÉMY PRO ŘÍZENÍ VÝROBY	16
1.2.1 CAD/CAM systémy.....	16
1.2.2 Řídicí systémy.....	17
1.3 POJMY Z TEORIE TRÍSKOVÉHO OBRÁBĚNÍ – DĚLENÍ MATERIÁLU A VRTÁNÍ	18
1.1.1 Dělení materiálu řezáním	19
1.3.1 Řezné nástroje - vrtání	20
1.4 VÍCEKRITERIÁLNÍ ROZHODOVÁNÍ	22
1.4.1 Metoda porovnání v trojúhelníku párů.....	22
1.4.2 Vážená bodovací metoda	22
1.5 INVESTICE DO VÝROBNÍCH SYSTÉMŮ	23
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	25
2.1 VÍTKOVICE POWER ENGINEERING A.S.....	25
2.2 VÝROBNÍ STŘEDISKO HARD – JESENÍK	26
2.3 POPIS SOUČASNÉHO VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ VERNET – BEHRINGER.....	27
2.4 OBRÁBĚNÝ PROFILOVÝ MATERIÁL	29
2.4.1 Využitelný časový fond pracoviště	29
2.5 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ZAŘÍZENÍ	30
2.5.1 Ponechání v současném stavu	31
2.5.2 Generální oprava	31

2.5.3	Nákup nového progresivního stroje	32
2.6	PROGRESIVNÍ ALTERNATIVY PILOVRTACÍCH ZAŘÍZENÍ	32
2.6.1	Pilovrtací zařízení Peddinghouse	32
2.6.2	Pilovrtací zařízení Voortman	33
2.6.3	Pilovrtací zařízení Kaltenbach	34
2.7	VÝPOČET ŘEZNÝCH PARAMETRŮ – PÁSOVÉ PILY	35
2.8	ANALÝZA DĚLENÍ SPECIFICKÉHO PROFILU	36
2.9	VÝPOČET ŘEZNÝCH PARAMETRŮ – VRTACÍ CENTRA	38
2.9.1	Vernet – Behringer (současné zařízení)	38
2.9.2	Progresivní vrtací zařízení	39
2.10	ANALÝZA ŘEZNÝCH PARAMETRŮ PRO ZVOLENÉ NÁSTROJE	41
2.10.1	Vybrané řezné nástroje.....	41
2.10.2	Výpočet času vrtání.....	43
3	VYHODNOCENÍ ANALÝZ	45
3.1	PILY NA DĚLENÍ PROFILOVÉHO MATERIÁLU	45
3.2	VRTACÍ STROJE.....	45
3.3	VRTACÍ STROJE – ZVOLENÉ NÁSTROJE.....	47
4	NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ.....	51
4.1	VÝBĚR STROJE PODLE VÍCEKRITERIÁLNÍHO ROZHODOVÁNÍ	51
4.2	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ RACIONALIZAČNÍHO ŘEŠENÍ	54
5	OČEKÁVANÝ PŘÍNOS.....	55
5.1	PŘÍNOS REVITALIZACE PRACOVISTĚ	55
5.2	PŘÍNOS DIPLOMOVÉ PRÁCE	55
	ZÁVĚR	56
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	58
	SEZNAM OBRÁZKŮ	60
	SEZNAM GRAFŮ	61
	SEZNAM TABULEK.....	61
	SEZNAM PŘÍLOH.....	62
	PŘÍLOHY	63

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

C – dny celopodnikové dovolené

CAD – computer-aided design

CAM – Computer Aided Manufacturing

CIM - Computer-integrated manufacturing

CNC – Computer Numeric Control

D – průměr vrtané díry, největší průměr vrtáku [mm]

E_c – řezná práce [J]

F_c – řezná síla [N]

F_N – nominální časový fond [dny/rok]

F_{SE} – efektivní časový fond zařízení [h/rok]

GO – generální oprava

h – počet hodin za směnu

HEA – normovaný ocelový profil typu I

HEB – normovaný ocelový profil typu I

HEM – normovaný ocelový profil typu I

h_n – nájezdová vzdálenost

IPE – normovaný ocelový profil typu I

J – jednorázové náklady

L – tloušťka vrtané stěny

M_k – krouticí moment [Nm]

n – otáčky [ot/min]

N_1 – roční náklady na srovnatelný výkon pro současný stav

N_2 – roční náklady na srovnatelný výkon pro navrhované řešení

NC – Numerical Control

N_{h1} – náklady na zpracování 1t materiálu (současné zařízení)

N_{h2} – náklady na zpracování 1t materiálu (progresivní zařízení)

n_p – množství produkce za rok

OH – odpracovaná hodina

P – výkon motoru [kW]

PVD – technika nanášení tenkých vrstev

s – počet směn

SK – slinutý karbid

T – doba návratnosti [roky]

t_1 – doba obrábění 1 tuny na současném zařízení

t_2 – doba obrábění 1 tuny na progresivním zařízení

T_c – čas řezu – vrtání [min]

t_c – čas řezu [min]

TiAlN – titan aluminium nitrid

TiN – nitrid titanu

UPN – normovaný ocelový profil typu U

v_c – řezná rychlost [m/min]

v_f – rychlost posuvu [m/min]

VPE – VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.

z – plánované prostoje [%]

ÚVOD

Podniky, ve snaze udržet se na konkurenční úrovni, chtějí optimalizovat své výrobní procesy. Požadují, aby výrobní proces poskytl výstupy splňující požadavky zákazníka. Zákazník vyžaduje nejvyšší kvalitu, za co nejnižší cenu a v co nejkratším čase. Jedním z kroků jak docílit těchto požadavků, je investování do modernizace výrobních kapacit. Někdo by si řekl: „Když jsme investovali do nového stroje, musíme navýšit cenu výrobků.“ Opak může být pravdou. Progresivní stroje mají mnohem vyšší produktivitu, kvalitu produkce a to vše při vynaložení stejných nebo dokonce i menších provozních nákladů. Otázkou je, zdali je investice do nákupu progresivních strojů tím správným řešením s ohledem na plánovanou produkci. Touto otázkou se zabývá tato diplomová práce.

Cílem práce je analyzovat současný stav na pracovišti dělení a vrtání profilového materiálu a následně navrhnout vhodné řešení pro dané pracoviště s ohledem na technická i ekonomická hlediska.

1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Diplomová práce se zabývá pracovištěm dělení a vrtání profilového materiálu a proto je potřeba nejprve vysvětlit základní pojmy, které jsou nezbytné k vlastnímu řešení práce.

1.1 Obráběcí stroje

1.1.1 Teorie obnovy strojů [1]

Teorie obnovy se zabývá provozuschopností zařízení, modernizací a obnovou strojů. Provozuschopnost je ovlivněna technicko-ekonomickými aspekty. K zajištění provozuschopnosti nám pomáhá údržba. Údržba zajišťuje minimalizaci nákladů z prostojů a nekvalitní produkce.

Modernizace a obnova strojů je dalším prvkem, kterým se zabývá teorie obnovy. Zde je důležité určit mezní stav zařízení, což je doba kdy zařízení již neodpovídá požadavkům na plnění funkcí. Tento stav je určen především technickou a morální životností stroje. Technickou životnost lze chápat jako schopnost plnit svou funkci při určitém způsobu údržby až do doby mezního stavu. Morální životnost se odvíjí od schopnosti produkovat trhem požadované produkty a to při zachování efektivnosti provozu.

1.1.2 Jednouúčelové obráběcí stroje [2]

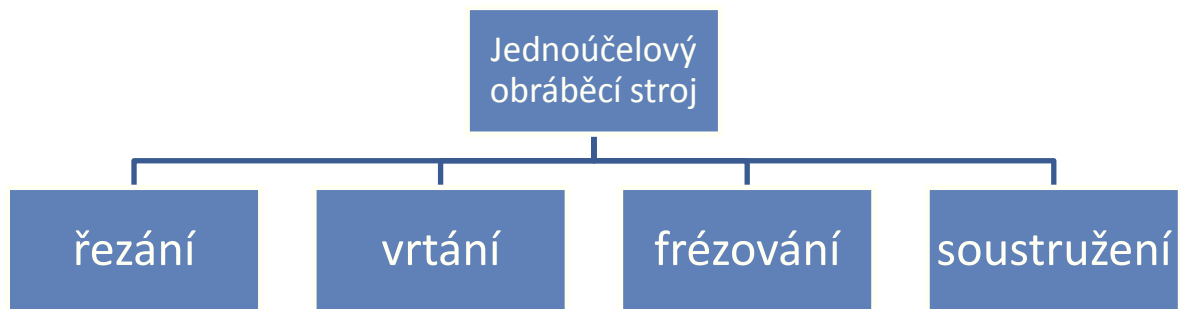
Různé výrobky odlišných rozměrů a tvarů se vyrábí obráběcími operacemi právě na jednouúčelových obráběcích strojích. Jednouúčelové stroje většinou neumožňují obrábění jiných výrobků, než pro které byly zkonstruovány.

Jednouúčelové obráběcí stroje mají za úkol provést co nejvíce obráběcích úkonů při jednom upnutí obrobku. Jednotlivé obrobky lze obrábět z několika stran současně, aniž by je bylo potřeba přemísťovat nebo obracet.

Jednoúčelový obráběcí stroj většinou obsahuje:

- Několik pracovních vřeten.
- Více pracovních míst.
- Zvláště vstup pro polotovary a výstup pro hotový obrobek.
- Speciální upínací nástroje.
- Speciální nástroje pro měření.
- Nástroje pro manipulaci, odvod třísek, chlazení, mazání a různé dopravníky.

Na těchto strojích může být dále soustředěno i několik odlišných typů obráběcích prací jako je řezání, vrtání, frézování nebo soustružení.

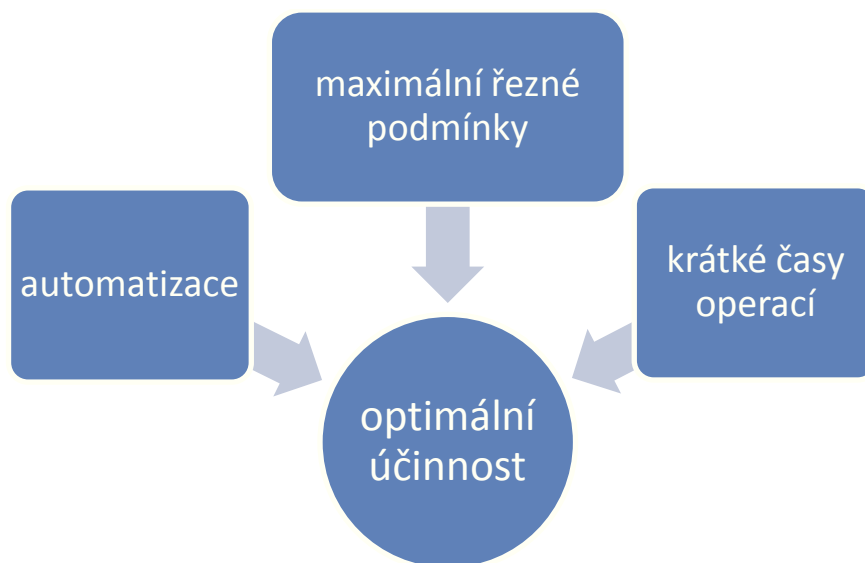


Obr. 1 Funkce jednoúčelového obráběcího stroje

Podmínkou nejvyšší možné účinnosti obráběcího stroje je, že stroje jsou navrhovány a konstruovány tak, aby se docílilo maximálních řezných podmínek, při kterých lze obrábět. Je kladen důraz také na snižování vedlejších časů, času jednotlivých obráběcích operací, časů výměn nástrojů a časů pro upínání obrobků. Stroj musí být navrhnout tak, aby byla umožněna automatizace jednotlivých funkcí.

Nutná automatizace těchto částí:

- Zakládání polotovarů do upínače.
- Upínání a uvolňování.
- Signalizace otupení nástroje.
- Kontrolu rozměrů.
- Zvyšování rychlostí u posuvů.

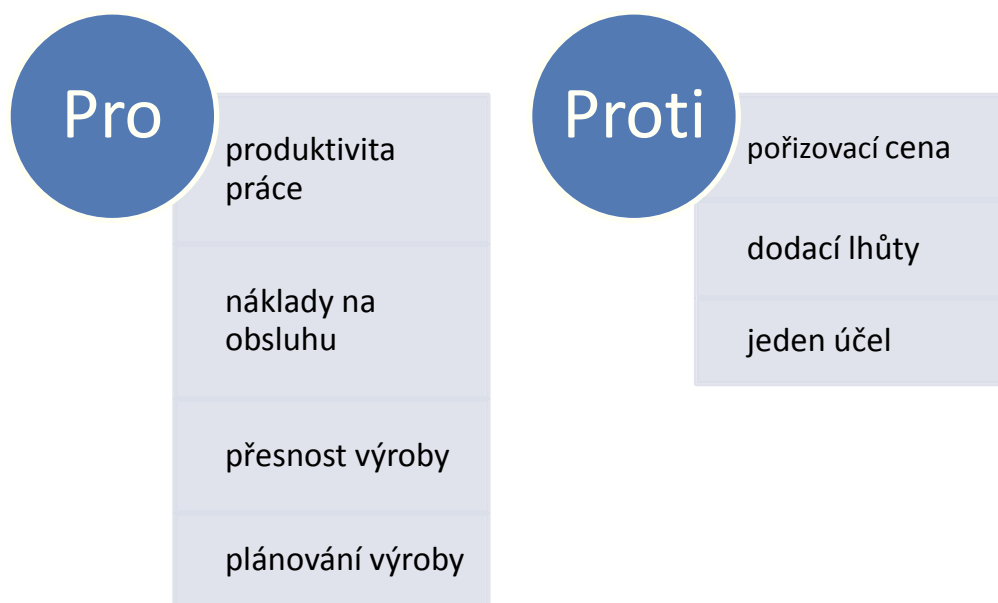


Obr. 2 Prvky ovlivňující účinnost

Při pořizování jednoúčelových obráběcích strojů se musí posoudit vhodnost těchto strojů.

Produktivita práce na těchto strojích je mnohem vyšší díky větší výkonnosti. Stroje tohoto druhu nepotřebují na obsluhu kvalifikované pracovníky, vše je automatizováno. Dochází ke zvýšení kvality práce přesnější výrobou, odpadá vliv obsluhy na činnost stroje. Plánování výroby je značně zjednodušeno, jeden stroj, jeden pracovník.

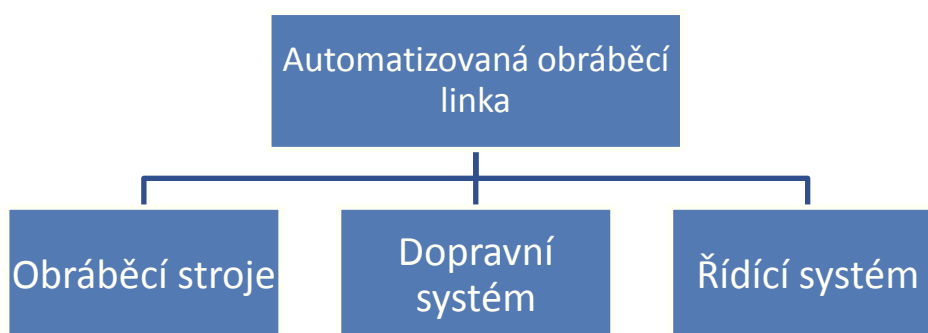
Nevýhodou při pořizování je vysoká kupní cena. Dlouhé dodací lhůty nových zařízení. Stroje jsou určeny jen pro jeden typ výrobku, a přestavba na jiný typ je velmi složitá či dokonce nemožná.



Obr. 3 Výhody a nevýhody jednoúčelových obráběcích strojů

1.1.3 Automatizované obráběcí linky [2]

Jsou tvořeny skupinami obráběcích strojů, které jsou navzájem propojeny dopravními prvky. Doprava obrobků je uskutečňována mezi jednotlivými stroji linky. Dopravní zařízení doplňují prvky automatického upínání, uvolňování a zařízení pro odvod třísek, chlazení, mazání a signalizaci kritických událostí.



Obr. 4 Funkční prvky obráběcí linky

Funkční prvky automatizované obráběcí linky (obr. 4) musí být naprosto spolehlivé a bezporuchové. Většina problému, i u velmi složitých linek, je především vkládání polotovarů nesprávných rozměrů a jakosti. Moderní technologie dokážou vyhodnotit i ty nejmenší odchylky v tolerancích a dojde k narušení celého procesu.

Samotné obráběcí stroje jsou specifikovány podle daných požadavků na činnost linky. (viz 1.1.2)

Úkolem dopravního systému je přesun materiálu napříč obráběcí linkou. Doprava je uskutečňována především válečkovými nebo řetězovými dopravníky. Dopravníky přepravují materiál přetržitě, taktem závislým na operacích na obráběcích strojích.

Řídicí systém synchronizuje celou linku a zabezpečuje veškeré fáze pohybu jak stroje, tak dopravního systému (viz 1.2.2)

1.1.4 CNC obráběcí stroje [2]

Zkratka CNC charakterizuje číslicově řízené obráběcí stroje, které jsou zároveň řízené počítačem. CNC stroje samozřejmě ovládají různé technologie obrábění a jejich funkce je řízena automaticky povely číselného charakteru, které jsou vydávány počítačovým softwarem. Povely softwaru řídí pohyb nástrojů nebo obroku, změnu řezných rychlostí, výměnu řezných nástrojů apod.

CNC stroje přinášejí spoustu výhod:

- Automatizovaný chod.
- Přesnost.
- Pružnost.

Automatizace snižuje možnost chybovosti lidského faktoru, přináší plynulost výrobního cyklu a snižují se časy obráběcích operací.

CNC stroje dosahují přesnosti v řádech mikrometrů, k chybám může dojít jedině díky špatnému programu ovládajícímu stroj.

CNC stroje mohou být jednoduše přeprogramovány na jiný výrobní sortiment, čímž dokážou pružněji reagovat na jednotlivé změnové požadavky. Změny jsou snadné, rychlé a spočívají v přepsání počítačového programu.

Obráběcí centra

Řadí se mezi CNC obráběcí stroje a dovedou provádět více obráběcích operací při jednom upnutí obroku. Tyto stroje mají automatizovány téměř veškeré funkce jako je

výměna nástrojů ze zásobníku, měření rozměrů, posuv obrobku, posuv nástrojů, kontrola polohy nástrojů aj.

Obráběcí centra můžeme dělit podle způsobu, jak obrábějí obrobky a to je obrábění rotačních a nerotačních součástí.

Výhody použití:

- Zvýšení produktivity.
- Zkrácení časů výroby.
- Méně manipulačních operací.
- Zvýšení kvality výroby.
- Zvýšení bezpečnosti práce.

1.2 Systémy pro řízení výroby

1.2.1 CAD/CAM systémy [2]

Pod zkratkou CAD se skrývá označení pro počítačem podporovaný návrh výrobku a jeho konstrukci. CAM je název pro automatizované řízení výroby počítačem, které zahrnuje plánování a řízení výroby (numerické řízení strojů, výrobních systémů).

CAD/CAM spadá pod jednotný systém s označením CIM, který zajišťuje propojení jednotlivých útvarů podniku.

Cílem zavádění počítačem řízených procesů je odstranění chyb lidského faktoru, stereotypu v lidské práci, zrychlení výpočtů, vytváření databází (výrobků, technologií). To vše má za následek zrychlení celého výrobního systému.

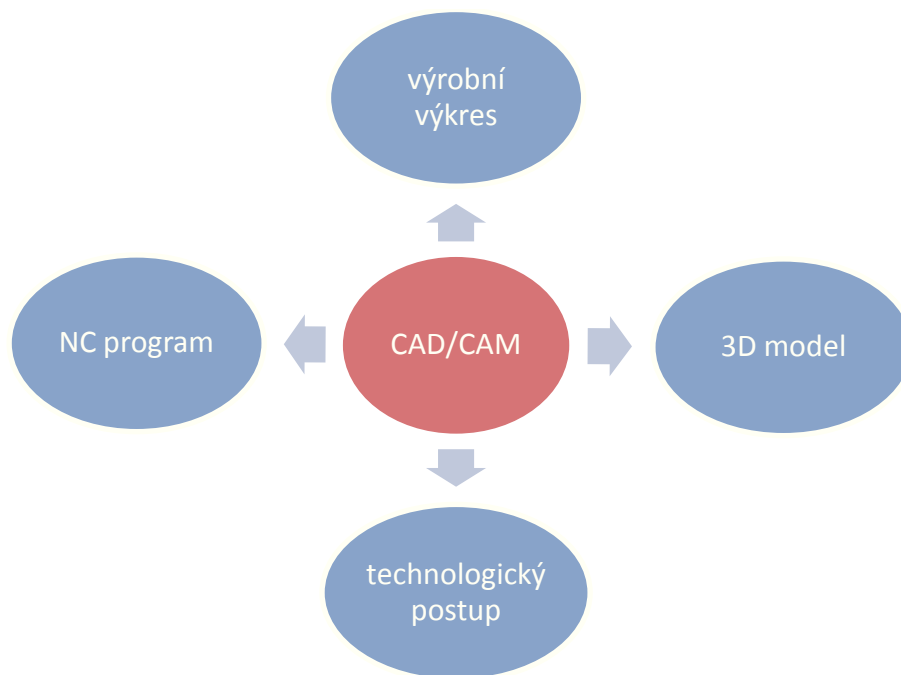
Programové systémy

Jsou to softwary usnadňující konstruktérovi konstruovat výrobky složitých tvarů, jejich virtuální knihovny obsahují veškeré normalizované součásti, takže odpadá jejich individuální kreslení. Umožňují spočítat jednotlivé namáhání a deformace výrobku při jeho funkci v reálném prostředí. Jakmile je konstrukce výrobku dokončena, program dokáže vytvořit i řídicí program pro obráběcí stroj.

Používání těchto programů zrychluje konstrukci výrobku i jeho konečnou výrobu. Podniky, které jsou vybaveny CAD/CAM systémy a dokážou je správně používat, zvyšují svou konkurenční schopnost, jak rychlostí reakce na požadavky zákazníka, tak i kvalitou výroby.

Produktivní obrábění

CAD/CAM systémy obsahují technologické prvky pro NC obrábění. Snadno navrhují optimální řezné dráhy nástrojů a upravují spolupráci s řídicími systémy NC obráběcích strojů a center. CAM aplikace obousměrně komunikují s CAD systémem a automaticky generují 3D model, výrobní výkres, polotovar, technologický postup a NC program pro výrobní stroj. Toto propojení redukuje náklady, snižuje dobu vývoje a výroby. [8]



Obr. 5 Funkce CAD/CAM systému

1.2.2 Řídicí systémy [3]

Řídicí systém je prostředníkem mezi strojem a jeho obsluhou. Umožňuje obsluze komunikaci s CNC obráběcím strojem.

Úkoly řídicího systému:

- Efektivní řízení stroje.
- Zjednodušení programování CNC strojů.
- Snížení doby samotného obrábění.

Výrobci těchto systémů se snaží vytvářet srozumitelnou a přehlednou grafiku a intuitivní ovládání. Tyto dva prvky zajišťují primární výstup dat a vstup příkazů, se kterými obsluha pracuje.

Systémy podporují řadu CAM funkcí od 2 až 5 osého obrábění, přes automatickou výměnu nástrojů na obráběcích centrech, až po zkrácení obráběcího času a navýšení životností nástroje.

1.3 Pojmy z teorie třískového obrábění – dělení materiálu a vrtání

V tabulce 1 a v tabulce 2 jsou uvedeny vzorce pro výpočet důležitých řezných parametrů.

Tabulka 1 Vzorce - řezné parametry

Parametr [jednotka]	Výpočet	Legenda
Řezná rychlost [m/min]	$v_c = \frac{D \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (1) [6]$	D – průměr vrtané díry, největší průměr vrtáku [mm] n – otáčky vrtáku
Krouticí moment [Nm]	$M_k = \frac{P \cdot 6 \cdot 10^4}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (2) [12]$	M _k – krouticí moment P – výkon motoru [kW]
Výkon motoru [kW]	$P = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{6 \cdot 10^4} \cdot M_k \quad (3) [12]$ $P = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4} \quad (4) [12]$	n – otáčky [ot/min] F _c – řezná síla [N] v _c – řezná rychlost [m/min]
Rychlost posuvu [m/min]	$v_f = f \cdot n \quad (5) [6]$	v _f – rychlost posuvu [m/min] f – posuv na otáčku [mm/ot] n – počet otáček [ot/min]

Tabulka 2 Vzorce - řezné parametry

Parametr [jednotka]	Výpočet	Legenda
Řezná síla [N]	$F_c = \frac{P \cdot 6 \cdot 10^4}{v_c} \quad (6) [12]$	P – výkon motoru [kW] F _c – řezná síla [N] v _c – řezná rychlost [m/min]
Řezná práce [J]	$E_c = F_c \cdot v_c \cdot t_c \quad (7) [12]$	E _c – řezná práce [J] F _c – řezná síla [N] t _c – čas řezu [s]
Čas řezu - řezání [min]	$t_c = \frac{E_c}{F_c \cdot v_c} \quad (8) [12]$	E _c – řezná práce [J] F _c – řezná síla [N] t _c – čas řezu [s]
Čas řezu - vrtání [min]	$T_c = \frac{L + h}{v_f} \quad (9) [12]$	L – hloubka řezu [mm] h – vzdálenost nájezdu [mm] v _f – rychlost posuvu [m/min]
Počet otáček [ot/min]	$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (10) [6]$	v _c – řezná rychlost [m/min] D – průměr vrtané díry [mm] n – počet otáček [ot/min]

1.1.1 Dělení materiálu řezáním

Slouží k dělení materiálu na požadované délky, které jsou nutné pro další obrábění. K rozřezávání materiálu se používají rámové, kotoučové nebo pásové pily. [4]

Pohyb při řezání:

- Přímý (pásové pily).
- Kruhový (kotoučové pily).

Během řezání dochází k třískovému dělení materiálu a v obrobku vznikají úzké drážky. Cílem je dosažení rovných a hladkých řezných ploch. Proto se řezání používá všude, kde je potřeba přesných polotovarů a malých ztrát na materiálu.[5]

Strojní pásové pily

Tento typ pil pracuje na principu oběhu nekonečného pilového pásu přes dva velké kotouče. Hnací agregát roztáčí kotouče a tím je poháněn pilový pás. Na těchto pilách můžeme pracovat buďto s kolmým nebo vodorovným pilovým listem. [5]

Kotoučové pily

Dělený materiál je na stroji pevně upnut svěrákem. Řez je prováděn pilovým kotoučem, který plynule najíždí do místa řezu. Existují dva typy posuvu, kolmý nebo vodorovný, záleží na konstrukci stroje. [5]

1.3.1 Řezné nástroje - vrtání

Jednotlivé nástroje se určují podle používané technologie vrtání, podle jejich geometrie a konstrukce. [4]

Šroubovité

Nejběžněji používané pro vrtání krátkých děr. Vyznačují se dvěma protilehlými šroubovými drážkami. Tyto drážky slouží k odvodu třísky a v některých případech i přívodem chladicí kapaliny do místa řezu. Tento typ vrtáku patří k nejběžněji používaným.

Vrtáky se běžně vyrábějí z rychlořezné oceli. Pro zlepšení parametrů vrtáku se využívají nitridové povlaky. Podle toho je dělíme [4]:

- S povlakem.
- Bez povlaku.



Obr. 6 Šroubovitý vrták s vnitřním chlazením, bez povlaku [6]

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami

Tento typ nástrojů se skládá z tělesa vrtáku a s břitových destiček. Destičky jsou k tělesu připevněny šrouby, ty zajišťují rychlou výměnu. Destičky jsou vyrobeny většinou z povlakovaných slinutých karbidů. Tyto vrtáky jsou standardně vybaveny středovým přívodem chladicí kapaliny. V těle držáku jsou vyfrézovány drážky pro odvod třísek.

Vrtáky s vyměnitelnými břitovými destičkami jsou velmi výkonné nástroje do nejtěžších řezných podmínek [4].



Obr. 7 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK s vnitřním chlazením [6]

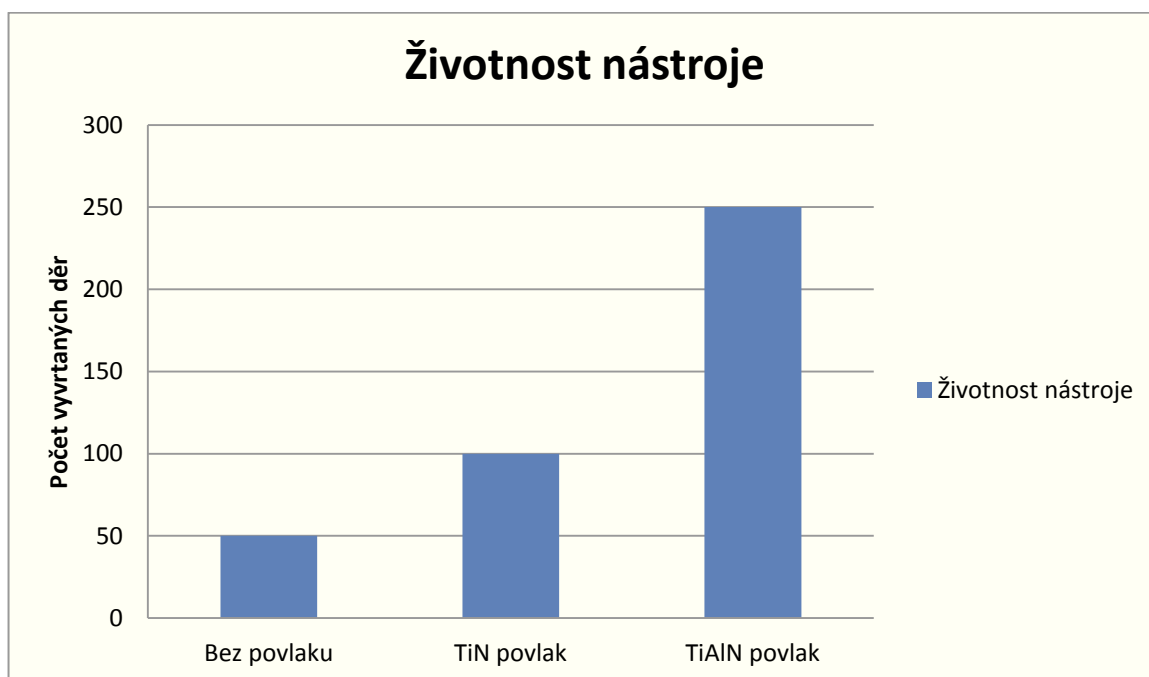
Povlakování nástrojů

Povlaky jsou tenké vrstvy nanášené na nástroje. Vyznačují se vysokou pevností a otěruvzdorností. Ochraňují nástroj před opotřebením a snižují energetickou náročnost při obrábění.

Obvykle používané jsou povlaky TiN, TiAlN. Nanášejí se převážně v jedné vrstvě metodami PVD [7, 8]

Přínos povlaků [7]:

- Zmenšení tření.
- Zvýšení řezné rychlosti o 40 – 60 %.
- Zvýšení životnosti nástroje o 400 – 600 %.



Graf 1 závislost povlaku na životnost nástroje [7]

1.4 Vícekriteriální rozhodování [9, 10]

Vícekriteriální rozhodování napomáhá objektivně posoudit varianty na základě stanovených kritérií. Pro stanovení koeficientu významnosti kritérií je možno použít následujících metod:

- Metoda pořadí.
- Metoda známkování.
- Metoda porovnávání v trojúhelníku párů.

Po stanovení významnosti kritéria přichází na řadu stanovení optimální varianty. K tomu slouží metody vícekriteriálního rozhodování, mezi které patří např.:

- Metoda vážených dílčích pořadí.
- Bazická metoda.
- Metoda PATTERN.
- Vážená bodovací metoda.

1.4.1 Metoda porovnání v trojúhelníku párů

Metodou porovnávání v trojúhelníku párů určíme z určitého počtu kritérií trojúhelníkovou tabulku párů kritérií. V trojúhelníkové tabulce se u párů kritérií zakroužkují vždy ta nejvýznamnější kritéria. Pokud hodnotitel není schopen jednoznačně určit, které kritérium je nejvýznamnější zakroužkuje obě. Podle počtu zakroužkování se každému kritériu přiřadí daný počet bodů. Při zakroužkování obou kritérií, obdrží každé půl bodu. Bodová hodnocení se zapíší do tabulky. Pokud je více hodnotitelů, určí se koeficient významnosti jednotlivých kritérií tak, že jsou počty bodů jednotlivých kritérií vyděleny počtem hodnotitelů.

1.4.2 Vážená bodovací metoda

Vážená bodovací metoda spočívá u každého kritéria v rozdělení do zvolených intervalů. Tyto intervaly jsou obodovány, a čím lepší hodnota kritéria tím více bodů obdrží. Vše je zapsáno do tabulky a následuje vynásobení bodů koeficientem významnosti. Veškeré vážené dílčí hodnoty jsou sečteny a podle hodnoty součtu se zjistí nejlepší varianta. Největší hodnota, nejlepší varianta a naopak.

1.5 Investice do výrobních systémů [1, 11]

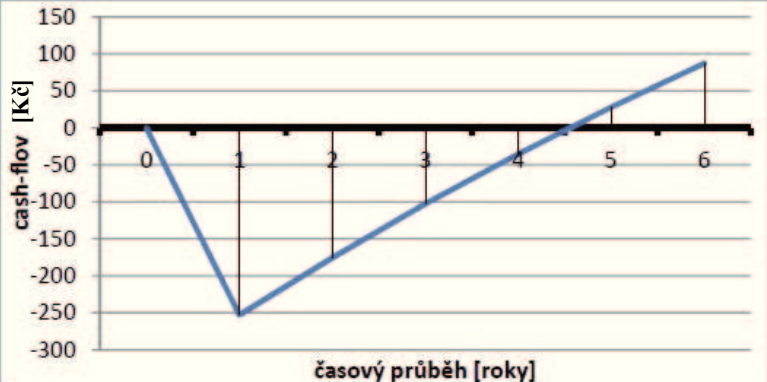
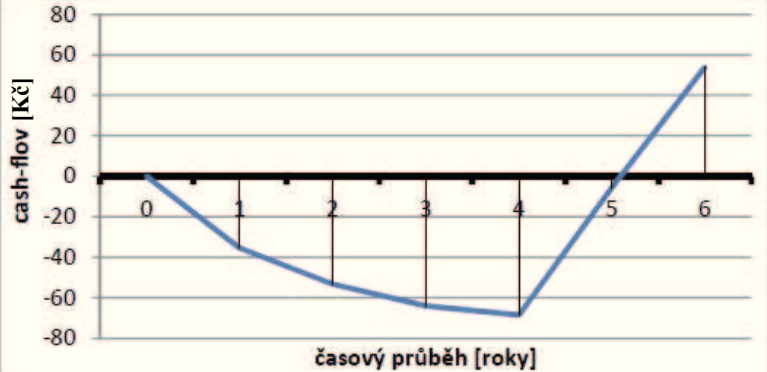
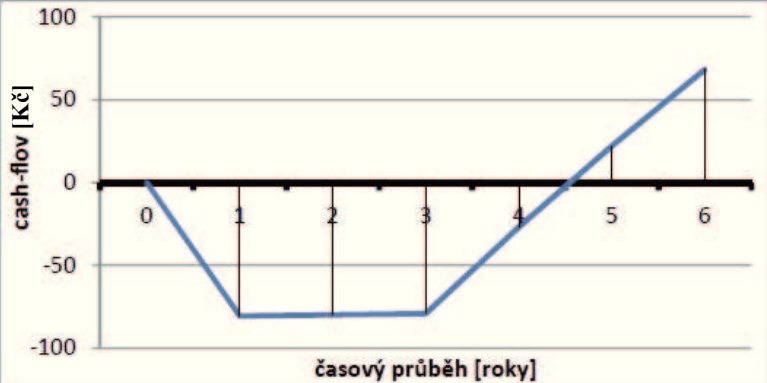
Přínosem investic do výrobních zařízení je především rozvoj a prosperita podniku. Modernizace výrobních zařízení přináší navýšení výrobních kapacit, zvýšení kvality výroby a zvyšování produktivity práce. Tyto přínosy mají však i svá rizika. Investiční majetek má dlouhodobou povahu a špatné investiční rozhodování může výrazně snížit tržní hodnotu podniku.

Zhodnocení investice v čase se odvíjí od časového průběhu cash-flow, návratnosti finančních prostředků, odpisů a způsobem financování investice.

Financovat investici lze několika způsoby, koupí za hotové, na úvěr anebo také prostřednictvím finančního leasingu.

V tabulce 3 jsou uvedeny časové průběhy návratnosti investice do obráběcího stroje při použití různých způsobů financování.

Tabulka 3 Časový průběh návratnosti investice

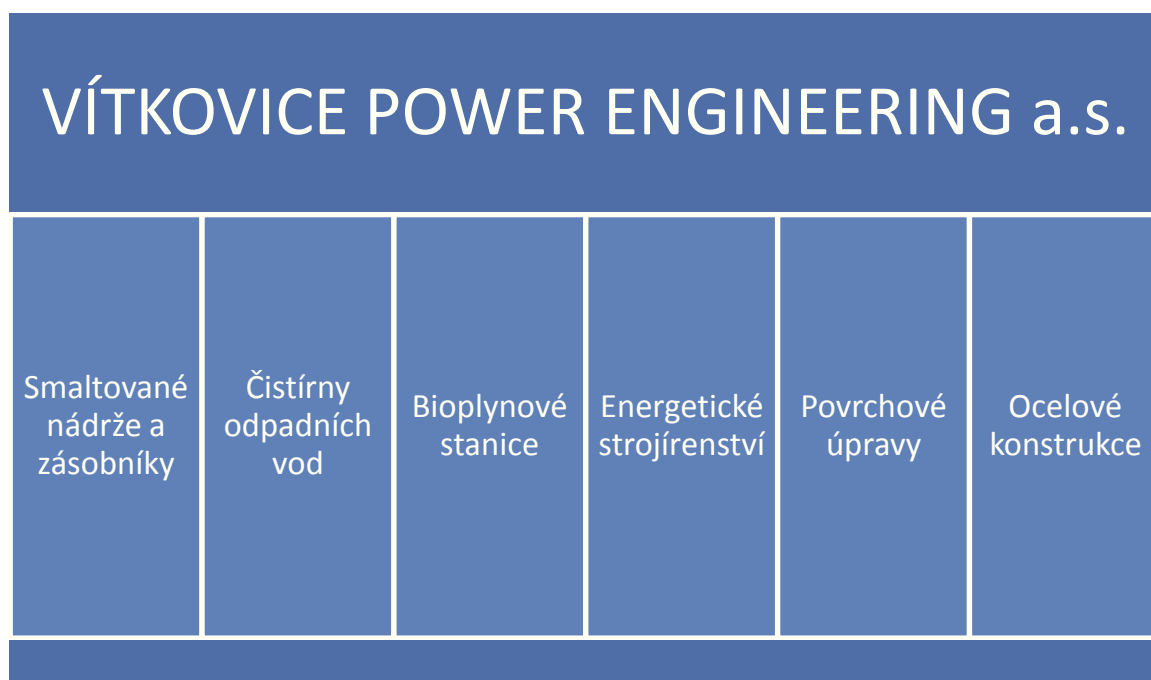
Způsob financování investice	Časové průběhy návratnosti investice do obráběcího stroje
<p>Koupě za hotové (<i>rovnoměrné odpisy</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> podnik musí mít dostatečnou finanční rezervu na nákup nového stroje. 	 <p>časový průběh [roky]</p>
<p>Koupě na úvěr (<i>rovnoměrné odpisy</i>)</p> <ul style="list-style-type: none"> čerpání finančních prostředků na splácení stroje postupně. doba návratu investice je ze všech případů financování nejdelší. 	 <p>časový průběh [roky]</p>
<p>Finanční leasing</p> <ul style="list-style-type: none"> doba návratu investice je stejná jako při nákupu za hotové. je levnější než nákup na úvěr. 	 <p>časový průběh [roky]</p>

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Kapitola je zaměřena na představení společnosti VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. a její výrobní závod HARD Jeseník. V kapitole je provedena analýza současného stavu pilovrtacího zařízení, jsou navrženy alternativy progresivních strojů a jsou porovnány jejich technické parametry.

2.1 VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.

VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. vznikla fúzí 1. 6. 2008, je členem koncernu VÍTKOVICE HOLDING a.s. Podnik se zabývá strojírenskou výrobou a hlavní části výrobního programu jsou uvedeny na obrázku 8. [12]



Obr. 8 Sortiment VPE

2.2 Výrobní středisko HARD – Jeseník [12]



Obr. 9 HARD Jeseník

Výroba ocelových konstrukcí má v Jeseníku tradici již od roku 1962. Zlomem byl rok 2008, kdy výroba ocelových konstrukcí byla převedena v rámci fúze do VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. Středisko se specializuje na výrobu individuálně navrhovaných ocelových konstrukcí z otevřených za tepla válcovaných profilů nebo profilů svařovaných.

Hlavní podíl na výrobě nese výroba technologických konstrukcí pro energetiku, jako jsou nosné konstrukce kotlů, spalínovody, potrubní mosty, mezipatra, schodiště, věže. Nejmladším přírůstkem ve výrobním sortimentu je výroba obytných kontejnerů známý pod názvem HARDCUBE.

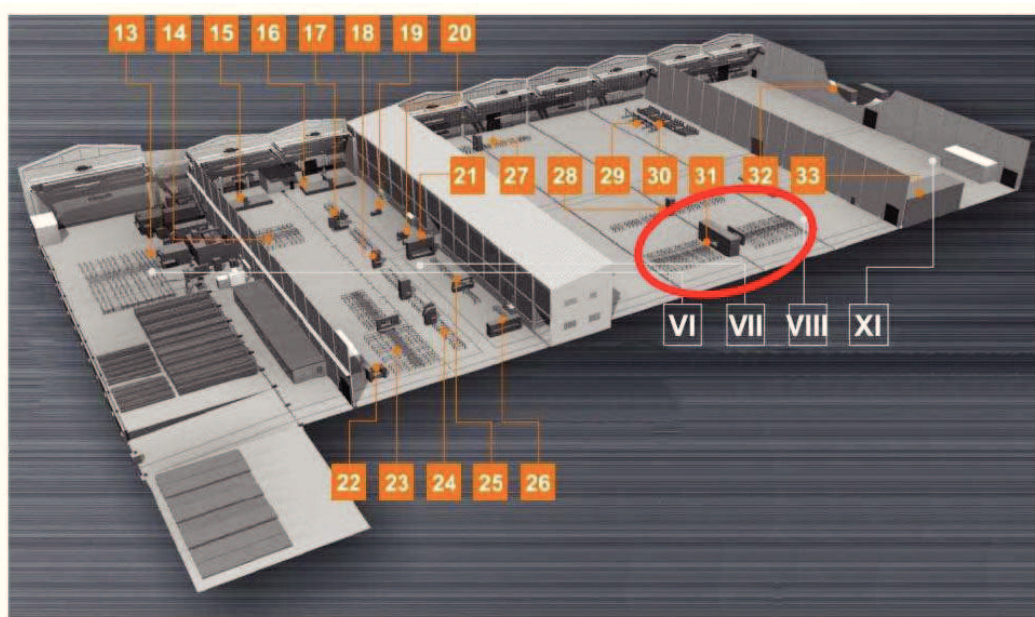
Technologické možnosti:

- Dělení materiálů – pásové pily.
- Stříhání tlustých plechů – tabulové nůžky.
- Lisování – klikové lisy.
- Ohraňování tlustých plechů.
- Dělení a vrtání nosníku – CNC Vernet-Behringer.

2.3 Popis současného výrobního zařízení Vernet – Behringer [12]

K základním technologickým operacím, při výrobě ocelových konstrukcí v HARD Jeseník, patří dělení profilového materiálu a vrtání děr. Obě tyto operace jsou soustředěny do jednoho uceleného pracoviště tzv. pilovrtacího centra od firmy Vernet-Behringer.

Zařízení bylo uvedeno do provozu v roce 1999 a umožnilo přejít na výrobu univerzálních ocelových konstrukcí nemluvě o výrazném zvýšení produktivity a přesnosti výroby.



Oddělení haly		Jednotlivá pracoviště					
VI	Sklad hutního materiálu	13, 14	Průběžný tryskáč stroj	21	Ohraňovací lis	27, 28	Svařovací poloautomat
VII	Dělna hutního materiálu	15, 16	Pálicí stroj	22	Nůžky	29, 30	Zařízení pro svařování
VIII	Svařovna	17	Vrtačka	23	Pásová pila	31	Pilovrtací zařízení
XI	Lakovna	18	Výstředníkový lis	24	Výstředníkový lis	32	Filtrační jednotky
		19	Závitorez	25	Kotoučová pila	33	Ruční tryskač
		20	Děrovačka	26	Tabulové nůžky		

Obr. 10 Dispoziční schéma

Na dispozičním schématu (obr. 10) lze vidět umístění současného pilovrtacího zařízení ve výrobních prostorách.

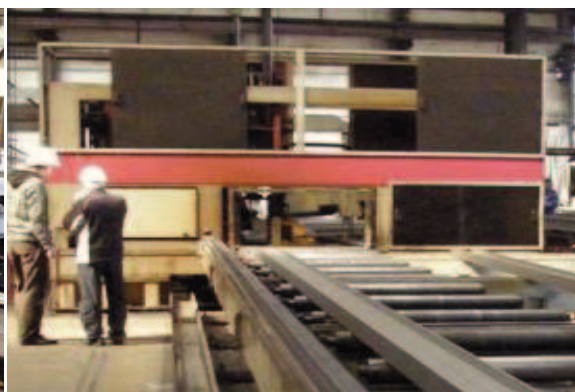
Pilovrtací zařízení obsahuje:

- Pásovou pilu.
- Třísou vrtačku.
- Podélné válečkové dopravníky.
- Podávací vozík.

Dělení profilového materiálu se provádí na pásové pile (Obr. 11), která má prodlouženou délku řezu. Lze nastavit nastavení úhlu řezu a to v rozsahu $+45^{\circ}$ až -60° .



Obr. 11 Současné zařízení na dělení materiálu [12]



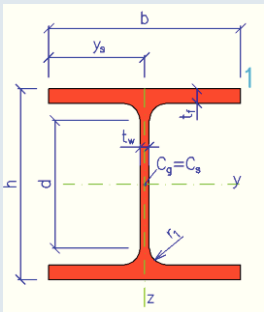
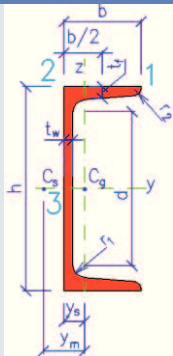
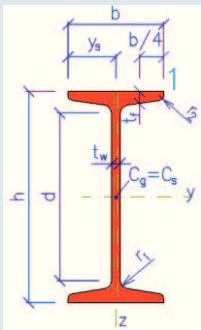
Obr. 12 Současné zařízení na vrtání materiálu [12]

Vrtací zařízení (Obr. 12) je vybaveno třemi vřeteny, do kterých je možné upínat klasické šroubovité vrtáky s vnitřním nebo vnějším chlazením. Každé vřeteno má samostatný měnič nástrojů se zásobníkem na pět kusů. Při každém upnutí profilu v upínacích čelistech svěráku dochází zároveň ke kontrole vnějších rozměrů. Při odchylkách dojde k upravení polohy vrtaných děr.

2.4 Obráběný profilový materiál

Stěžejní pro výrobu ocelových konstrukcí je profilový materiál. Pracoviště dělení a vrtání profilového materiálu zpracovává následující normované profily:

Tabulka 4 Typy normovaných ocelových profilů [13]

HEA, HEB, HEM	UPN	IPE
		

Pracoviště je přizpůsobeno pro profily o max. délce 15 m, které prošly vstupní povrchovou úpravou tryskáním.

2.4.1 Využitelný časový fond pracoviště

Výrobním zařízení se pracuje na dvě směny, 6 dní v týdnu, počet placených svátku v roce 2013 je 9. Není uvažováno s celopodnikovou dovolenou a plánované prostoje pro údržbu jsou voleny 10 %.

Nominální časový fond [9]:

$$F_N = 365 - A - B \quad [\text{dny/rok}] \quad (7)$$

A – počet sobot a nedělí (pro tento výpočet jen nedělí); A = 52 dnů/rok

B – placené svátky v roce; B = 9 dnů/rok

$$F_N = 365 - 52 - 9 \quad [\text{dny/rok}]$$

$$F_N = 304 \text{ dny/rok}$$

Efektivní časový fond zařízení [9]:

$$F_{SE} = (F_N - C) \cdot h \cdot s \cdot \left(1 - \frac{z}{100}\right) \quad [\text{h/rok}] \quad (7)$$

C – dny celopodnikové dovolené; $C = 0$

h – počet hodin za směnu; $h = 7,5$ h

s – počet směn; $s = 2$ směny

z – plánované prostoje %; $z = 10$ %

$$F_{SE} = (304 - 0) \cdot 7,5 \cdot 2 \cdot \left(1 - \frac{10}{100}\right) \quad [\text{h/rok}]$$

$$F_{SE} = 4104 \text{ h/rok}$$

2.5 Analýza současného stavu zařízení

Pilovrtací zařízení je v provozu od r. 1999 a je již značně mechanický opotřebovaná. V poslední době se vyskytly vážné závady především na vrtacím stroji. Generální opravu zde vyžaduje většina mechanických částí, čili okolo 80% stroje.

Na základě informací útvaru údržby byly zjištěny hlavní závady, které způsobují nejvíce odstávek. [12]

Závady – pila:

- Software způsobuje nedodržování délky řezu.
- Software neumožňuje realizovat některé požadavky na řezy pod úhlem.

Závady – vrtací stroj:

- Hlučnost vrtacích hlav.
- Nefunguje naměřování polohy vrtáku.
- Zahřívání vrtacích hlav.
- Nelze provádět automatickou výměnu nástrojů.
- Software nereaguje na některé požadavky vrtání.

V případě odstávky není žádná alternativa pro výrobu. Zařízení je v takovém technickém stavu, který si žádá nutnou změnu.

Varianty řešení:

- Ponechání v současném stavu.
- Generální oprava.
- Nákup nového stroje.

Následující tabulka zobrazuje přehled poruch a dobu odstávek pilovrtacího zařízení.

Tabulka 5 Přehled poruch a odstávek v předchozích letech

Rok	Počet poruch	Doba odstávek [h/rok]
2012	28	97,45
2013	32	106

2.5.1 Ponechání v současném stavu

S přihlédnutím k plánovanému množství produkce (tabulka 6) je tato varianta málo pravděpodobná, neboť z tabulky 5 je zřejmý zvyšující se počet poruch a doba odstávek.

Tabulka 6 Množství produkce

Roky	Produkce [t/rok]
2012	12500
2013	11200
2014	14000 - plán

V roce 2013 byl efektivní časový fond stroje 4104 hod. Je uvažovaný dvousměnný provoz, 6 dní v týdnu. Po odečtení doby prostojů lze zjistit odpracované hodiny. Z toho je následně určeno množství produkce na jednu odpracovanou hodinu.

Tabulka 7 Množství produkce na odpracovanou hodinu

Roky	Počet odpracovaných hodin	Množství produkce [t/h]
2012	4006	3,1
2013	3998	2,8

2.5.2 Generální oprava

Generální oprava by vyřešila poruchovost zařízení, nicméně by nezvýšila množství produkce, se kterým se počítá do budoucna. Generální oprava by si vyžádala odstávku

pracoviště na 23 pracovních dní, což je 345 OH. Z tabulky 8 je patrné, že by během roku, kdy by byla provedena GO, by byly ztráty v produkci výraznější. Následující rok by již zařízení pracovalo bez poruchových odstávek, ale nedosahovalo by produkce požadovaných 14 000 t/rok.

Tabulka 8 Produkce po GO

Průběh při realizaci GO	Množství produkce [t/rok]
1. rok (s GO)	11 089
2. rok (po GO)	12 106

2.5.3 Nákup nového progresivního stroje

Z výše uvedeného je zřejmé, že jediným možným řešením problému pracoviště, vzhledem k požadavku nárůstu produktivity na plánovaných 14 000 t/rok je nákup nového progresivního zařízení.

2.6 Progresivní alternativy pilovrtacích zařízení

Pro výběr nového stroje byli zvoleni tři výrobci těchto specializovaných zařízení. Jsou to vrcholoví hráči ve výrobě obráběcích strojů s moderními technologiemi. Stroje byly vybírány podle požadovaných technických parametrů. K získání potřebných informací byl nutný překlad anglicky psaných katalogů a technické dokumentace.

Byli vybráni tyto výrobci:

- Peddinghaus.
- Voortman.
- Kaltenbach.

2.6.1 Pilovrtací zařízení Peddinghouse [14, 15]

Pila (Obr. 14) je vybavena hydraulickým pohonem a hydraulickým servo posunem. Řez a posuv jsou hlídány automaticky. Úhel řezu lze nastavit v rozsahu $+60^\circ$ až -60° . Řezný tlak se určuje automaticky a posuv řezu se automaticky přizpůsobí rozdílným tloušťkám materiálu.



Obr. 13 Pásová pila Peddinghaus [14]



Obr. 14 Vrtací zařízení Peddinghaus [15]

Vrtací zařízení (Obr. 15) od firmy Peddinghaus disponuje těžkým ocelovým rámem s nástavbou ze svařované deskové konstrukce. Vrtačka je vybavena třemi vrtacími vřeteny a každé vrtací vřeteno disponuje pětinasobným měničem nástrojů. Vrtací jednotky jsou poháněny elektrickým vřetenovým pohonem s plynulou regulací otáček.

2.6.2 Pilovrtací zařízení Voortman [16, 17]

Firma Voortman nahradila u pily (obr. 15) klasický hydraulický pohon posuvu servomotorem a vřetenem. Řezný tlak je řízen automaticky přímo z řídicího softwaru.

Pro vrtací zařízení (obr. 16) Voortman skombinoval tři nezávislé vrtací hlavy s velmi silnými navzájem synchronizovanými servo motory. Každá vrtací hlava disponuje výměníkem nástrojů o kapacitě pěti kusu.



Obr. 15 Pásová pila Voortman [16]

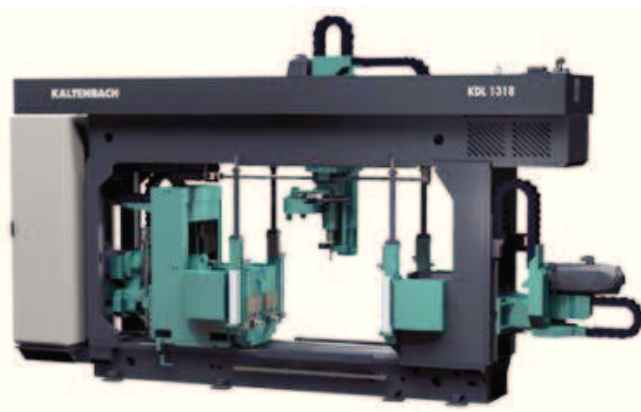


Obr. 16 Vrtací zařízení Voortman [17]

2.6.3 Pilovrtací zařízení Kaltenbach [18,19]



Obr. 17 Pásová pila Kaltenbach [18]



Obr. 18 Vrtací zařízení Kaltenbach [19]

Pila (Obr. 17) je v dvousloupovém provedení s masivní konstrukcí. Díky šikmému pilovému pásu je možné docílit přesnějšího řezu a lepším řezným podmínkám. Řezná rychlost jde plynule regulovat z řídicího pultu. Posuv do řezu je zajištěn hydraulikou a je možné jej plynule regulovat. Řezný tlak je regulován automaticky, elektrohydraulicky.

Vrtací zařízení (obr. 18) je tvořena stabilní svařovanou konstrukcí. Je vybavena třemi vrtacími jednotkami, dvěmi horizontálními a jednou vertikální. Vrtací vřetena se pohybují pomocí kuličkových šroubů a servomotorů. Každá vrtací jednotka disponuje zásobníkem pro šest nástrojů.

2.7 Výpočet řezných parametrů – pásové pily

Nejprve je potřeba určit řeznou sílu, kterou jsou stroje schopny vyvinout při dělení ocelových profilů. Řezná síla se odvíjí od výkonu motoru a řezné rychlosti. Hodnota řezné rychlosti je 80 m/min. Příklady výpočtů jsou provedeny vždy pro stávající zařízení Vernet – Behringer. Výpočty pro ostatní zařízení jsou prováděny stejným postupem a konečné výsledky jsou uvedeny v příslušných tabulkách.

Tabulka 9 Technické parametry (současný stroj)

Vernet – Behringer (současné zařízení)	
Technický parametr	Hodnota parametru
Výkon motoru pily [kW]	7,5
Využitelný průřez řezu při 90° [mm]	530 x 1300
Řezná rychlost [m/min]	17 – 110
Řezná síla [N]	5625

Řezná síla [N] - výpočet:

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{6 \cdot 10^4} \rightarrow F_c = \frac{P \cdot 6 \cdot 10^4}{v_c} \quad (8)$$

$$F_c = \frac{7,5 \cdot 6 \cdot 10^4}{80}$$

$$F_c = 5625$$

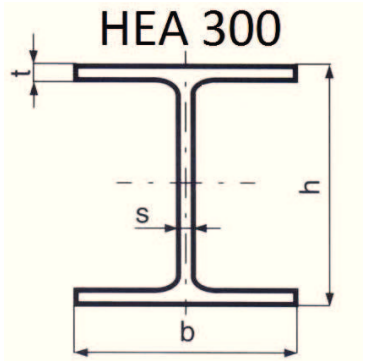
Tabulka 10 Technické parametry (progresivní stroje)

Peddinghaus	
Technický parametr	Hodnota parametru
Výkon motoru pily [kW]	9
Využitelný průřez řezu při 90° [mm]	500 x 1100
Řezná rychlost [m/min]	15 – 150
Řezná síla [N]	6750
Voortman	
Technický parametr	Hodnota parametru
Výkon motoru pily [kW]	11
Využitelný průřez řezu při 90° [mm]	600 x 1250
Řezná rychlost [m/min]	40 – 120
Řezná síla [N]	8250
Kaltenbach	
Technický parametr	Hodnota parametru
Výkon motoru pily [kW]	11
Využitelný průřez řezu při 90° [mm]	700 x 1300
Řezná rychlost [m/min]	15 – 100
Řezná síla [N]	8250

2.8 Analýza dělení specifického profilu

K porovnání jednotlivých řezných výkonů pil je zvolen jeden z normovaných ocelových profilů (tabulka 10).

Tabulka 11 Specifický profilový produkt

s = 8,5 mm	
t = 14 mm	
h = 290 mm	
b = 300 mm	
Hmotnost = 88,3 kg/m	

Na profilu HEA 300 byl na stávajícím zařízení Vernet – Behringer proveden jeden kolmý řez, u něhož byl naměřen čas řezu 55,6 min.. Z naměřeného času řezu, se určí řezná práce potřebná k provedení řezu. Podle této práce se určí časy řezu pro progresivní stroje.

- Zvolený profil: HEA 300
- Naměřený čas řezu: 55,6 min
- Řezná rychlost: 80 m/min

Tabulka 12 Řezná síla

	Behringer	Peddinghaus	Voortman	Kaltenbach
F_c [N]	5625	6750	8250	8250

Řezná práce E_c [J] – výpočet:

$$E_c = F_c \cdot v_c \cdot t_c \quad (7)$$

$$E_c = 5625 \cdot 80 \cdot 55,6$$

$$E_c = 25 \cdot 10^6$$

Práce nutná k přerezáni profilu HEA 300 je 25 MJ. Podle práce se určí časy řezu pro ostatní pily.

Doba řezu t_c [min] – příklad výpočtu pro Peddinghaus:

$$t_c = \frac{E_c}{F_c \cdot v_c} \quad (8)$$

$$t_c = \frac{25 \cdot 10^6}{6750 \cdot 80}$$

$$t_c = 46,3$$

	Peddinghaus	Voortman	Kaltenbach
t_c [min]	46,3	37,9	37,9

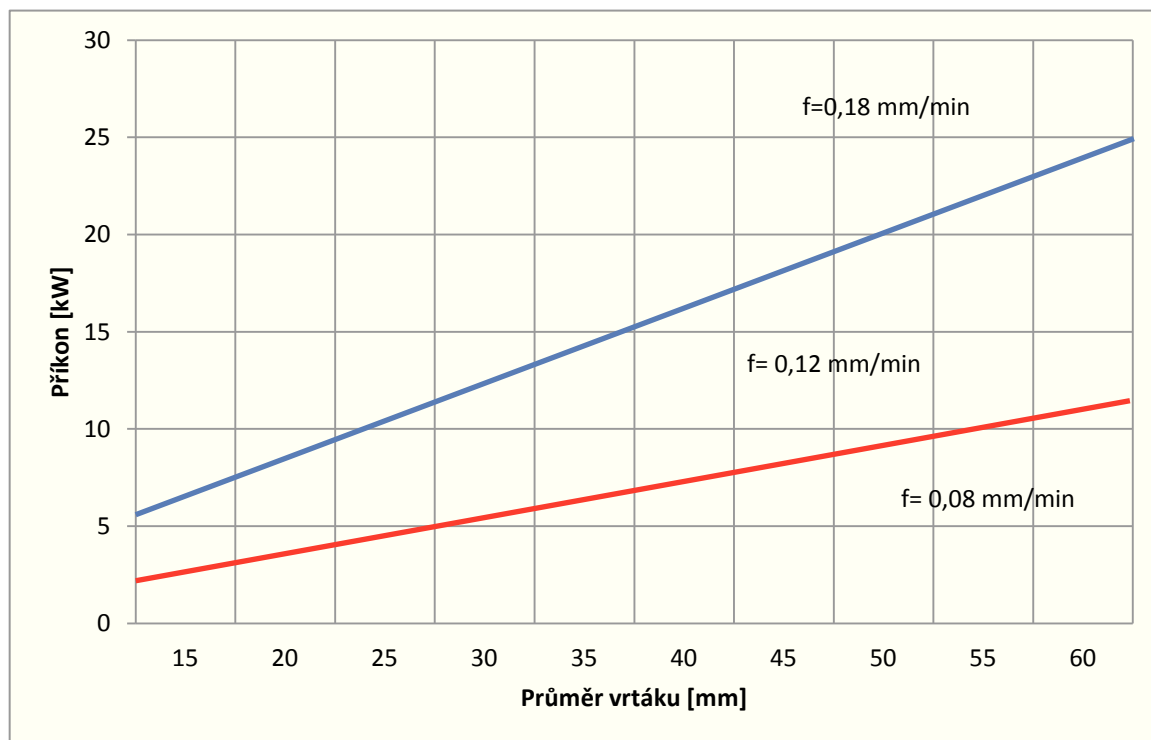
2.9 Výpočet řezných parametrů – vrtací centra

2.9.1 Vernet – Behringer (současné zařízení)

Technický parametr	Hodnota parametru
Výkon vřetene [kW]	9,5 (při 1500 ot/min)
Otáčky vřetene [ot/min]	160 – 2000
Max. vrtaný průměr [mm]	40
max. šířka profilu [mm]	500
Max. výška profilu [mm]	1200

Posuv na otáčku f [mm/ot]

Posuv na otáčku závisí na příkonu motoru vrtacího vřetena stroje a průměru použitého vrtáku. Jako pomůcka pro zvolení slouží následující graf 1.



Graf 1 Závislost průměru nástroje na příkonu motoru [6]

Z grafu lze zjistit, že pro současný stroj Vernet – Behringer je posuv na otáčku $f = 0,12$ mm/min.

Rychlost posuvu v_f [mm/min] – výpočet:

$$v_f = f \cdot n \quad (5)$$

$$v_f = 0,12 \cdot 2000$$

$$v_f = 240$$

Řezná rychlost v_c [m/min] – výpočet:

$$v_c = \frac{D_c \cdot \pi \cdot n}{1000} \quad (1)$$

$$v_c = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 2000}{1000}$$

$$v_c = 251,2$$

Krouticí moment M_k [Nm] – výpočet:

$$M_k = \frac{P \cdot 60000}{2 \cdot \pi \cdot n} \quad (2)$$

$$M_k = \frac{9,5 \cdot 60000}{2 \cdot 3,15 \cdot 1500}$$

$$M_k = 60,2$$

2.9.2 Progresivní vrtací zařízení

Při výpočtu technických parametrů je postup stejný jako v předchozí kapitole u současného zařízení. Posuv na otáčku je určen dle grafu 1.

Tabulka 13 Peddinghaus vrtačka - technické parametry

Peddinghaus	
Parametr	Hodnota parametru
Výkon vřetene [kW]	18,5
Otáčky vřetene [ot/min]	0 – 2250
Max. vrtaný průměr [mm]	40
max. šířka profilu [mm]	460
Max. výška profilu [mm]	1100

Tabulka 14 Peddinghaus vrtačka – výsledky výpočtů

Peddinghaus	
Parametr	Hodnota parametru
Rychlost posuvu v_f [mm/min]	405
Řezná rychlost v_c [m/min]	282,6
Krouticí moment M_k [Nm]	78,5

Tabulka 15 Voortman vrtačka - technické parametry

Voortman	
Parametr	Hodnota parametru
Výkon vřetene [kW]	30
Otáčky vřetene [ot/min]	0 – 2500
Max. vrtaný průměr [mm]	40
Max. šířka profilu [mm]	600
Max. výška profilu [mm]	1250

Tabulka 16 Voortman vrtačka – výsledky výpočtů

Voortman	
Parametr	Hodnota parametru
Rychlost posuvu v_f [mm/min]	450
Řezná rychlost v_c [m/min]	314,1
Krouticí moment M_k [Nm]	114,6

Tabulka 17 Kaltenbach vrtačka - technické parametry

Kaltenbach	
Parametr	Hodnota parametru
Výkon vřetene (kW)	34,5
Otáčky vřetene (ot/min)	150 – 2500
Max. vrtaný průměr (mm)	50
max. šířka profilu (mm)	500
Max. výška profilu (mm)	1300

Tabulka 18 Kaltenbach vrtačka – výsledky výpočtů

Kaltenbach	
Parametr	Hodnota parametru
Rychlost posuvu v_f [mm/min]	450
Řezná rychlost v_c [m/min]	314,1
Krouticí moment M_k [Nm]	131,8

2.10 Analýza řezných parametrů pro zvolené nástroje

K analýze byly vybrány tři různé obráběcí nástroje. Vybrané nástroje byly následně přiřazeny ke každému obráběcímu centru, jak stávajícímu tak ke třem alternativám. Vrtáky byly vybrány na základě nejběžněji vrtaných otvorů.

Analýza byla provedena formou výpočtu řezných parametrů a časů vrtání na daném normovaném profilu (tabulka 11).

2.10.1 Vybrané řezné nástroje

Monolitický vrták 1



Obr. 19 Monolitický vrták 1
[20]

Průměr vrtáku D

[mm]

Posuv na otáčku f

[mm/ot]

Řezná rychlost v_c

[m/min]

8

0,16

60

Rychlost posuvu v_f [mm/min] – výpočet:

$$v_f = f \cdot n \quad (13)$$

$$v_f = 0,16 \cdot 2387$$

$$v_f = 381$$

Počet otáček n [ot/min] – výpočet:

$$n = \frac{v_c \cdot 1000}{D \cdot \pi} \quad (14)$$

$$n = \frac{60 \cdot 1000}{8 \cdot 3,14}$$

$$n = 2387$$

Monolitický vrták 2



Obr. 20 Monolitický vrták 2 [6]

Průměr vrtáku D [mm]	Posuv na otáčku f [mm/ot]	Řezná rychlost v_c [m/min]
20	0,42	80-150

Rychlost posuvu v_f [mm/min] – výpočet:

$$v_f = 0,42 \cdot 2069$$

$$v_f = 868$$

Počet otáček n [ot/min] – výpočet:

$$n = \frac{130 \cdot 1000}{20 \cdot 3,14}$$

$$n = 2069$$

Destičkový vrták



Obr. 21 Destičkový vrták [6]

Průměr vrtáku D [mm]	Posuv na otáčku f [mm/ot]	Řezná rychlost v_c [m/min]
36	0,09	250-300

Rychlost posuvu v_f [mm/min] – výpočet:

$$v_f = 0,09 \cdot 2431$$

$$v_f = 218$$

Počet otáček n [ot/min] – výpočet:

$$n = \frac{275 \cdot 1000}{36 \cdot 3,14}$$

$$n = 2431$$

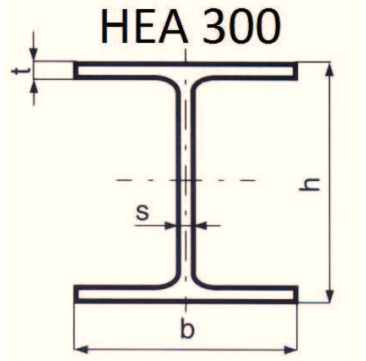
Tabulka 19 Přehled parametrů zvolených nástrojů

Nástroj	Průměr vrtáku D [mm]	Posuv na otáčku f [mm/ot]	Řezná rychlost v_c [m/min]	Rychlost posuvu v_f [mm/min]	Počet otáček [ot/min]
Monolitický vrták 1	8	0,16	60	381	2387
Monolitický vrták 2	20	0,42	130	868	2069
Destičkový vrták	36	0,09	275	218	2431

2.10.2 Výpočet času vrtání

Pro určení časů vrtání byl zvolen normovaný ocelový profil HEA 300. Byl zvolen počet vyvrtaných otvorů v počtu tří kusů. Jeden otvor ve stěně s a dva otvory v přírubách t , jeden na každé straně. Jako nástroj byl zvolen destičkový vrták (viz výše). Všechny tři vrtané otvory jsou vytvořeny současně, neboť lze použít tři vrtací vřetena.

Tabulka 20 Specifický profilový produkt

$s = 8,5 \text{ mm}$	
$t = 14 \text{ mm}$	
$h = 290 \text{ mm}$	
$b = 300 \text{ mm}$	
Hmotnost = 88,3 kg/m	

Pro současné vrtací zařízení musely být upraveny řezné parametry, jelikož podle předchozích výpočtů neodpovídaly optimálním řezným parametrům výrobce nástroje. Musel být přizpůsoben počet otáček vřetene, což mělo za následek snížení rychlosti posuvu a rychlosti řezu.

$$n = 2000 \text{ ot/min}$$

$$v_f = 100 \text{ m/min}$$

L – tloušťka vrtané stěny

h_n – nájezdová vzdálenost

Tabulka 21 Vernet – Behringer – časy vrtání

Vernet – Behringer	
$T_c = \frac{L + h_n}{v_f} \quad [\text{min/kus}] \quad (7)$	
Čas vrtání stěny s	Čas vrtání příruby t
$T_c = \frac{8,5 + 4}{100}$	$T_c = \frac{14 + 4}{100}$
$T_c = 0,125$	$T_c = 0,18$

U vrtacího zařízení Peddinghaus, taktéž jako u stávajícího stroje, musely být upraveny otáčky.

$$n = 2250$$

$$v_f = 135 \text{ m/min}$$

Tabulka 22 Peddinghaus - časy vrtání

Peddinghaus	
Čas vrtání stěny s	Čas vrtání příruby t
$T_c = 0,09 \text{ min/kus}$	$T_c = 0,13 \text{ min/kus}$

U dalších dvou strojů, s výkonnějšími motory a vyšším rozsahem otáček, nemusely být provedeny žádné korekce řezných parametrů. Vše bylo v souladu s doporučenými údaji výrobce nástroje a může tak být naplno využit jeho potenciál.

$$v_f = 218 \text{ m/min}$$

Tabulka 23 Voortman/Kaltenbach - časy vrtání

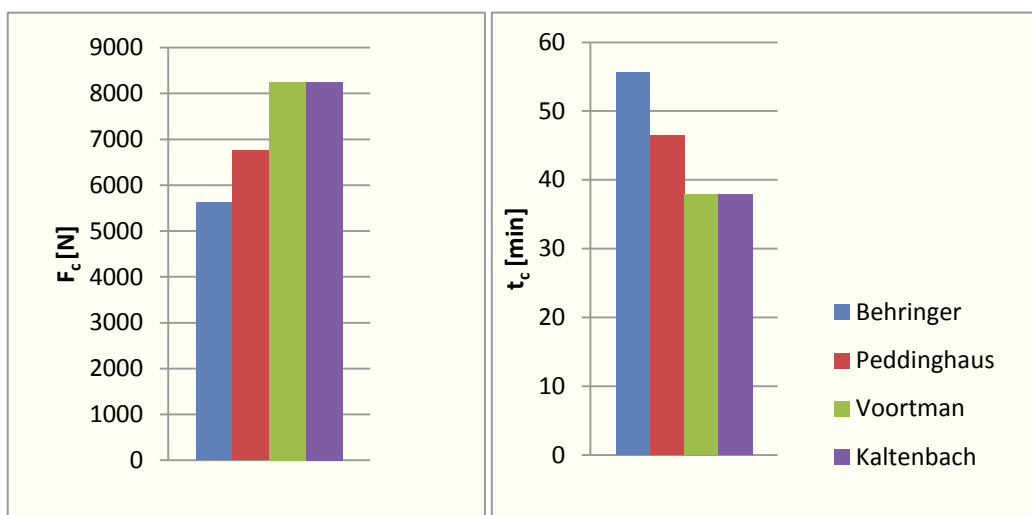
Voortman/ Kaltenbach	
Čas vrtání stěny s	Čas vrtání příruby t
$T_c = 0,05 \text{ min/kus}$	$T_c = 0,08 \text{ min/kus}$

3 VYHODNOCENÍ ANALÝZ

3.1 Pily na dělení profilového materiálu

Z analýzy řezných parametrů pil vyplývá, že nejdůležitější je výkon motoru pily a maximální řezná rychlost. Od těchto hodnot se odvíjí rychlost posuvu pilového pásu do řezu a tím i doba řezu.

Na základě výpočtů řezných časů bylo zjištěno, že nejvyšší produktivity dosahují stroje Voortman a Kaltenbach. Pila Peddinghaus lehce zaostává. Současná pila Vernet – Behringer zdaleka nedosahuje takové produktivity jako nové stroje.



Graf 2 Produktivita pil při $v_c=80$ m/min (vlevo nárůst řezné síly, vpravo pokles času řezání)

3.2 Vrtací stroje

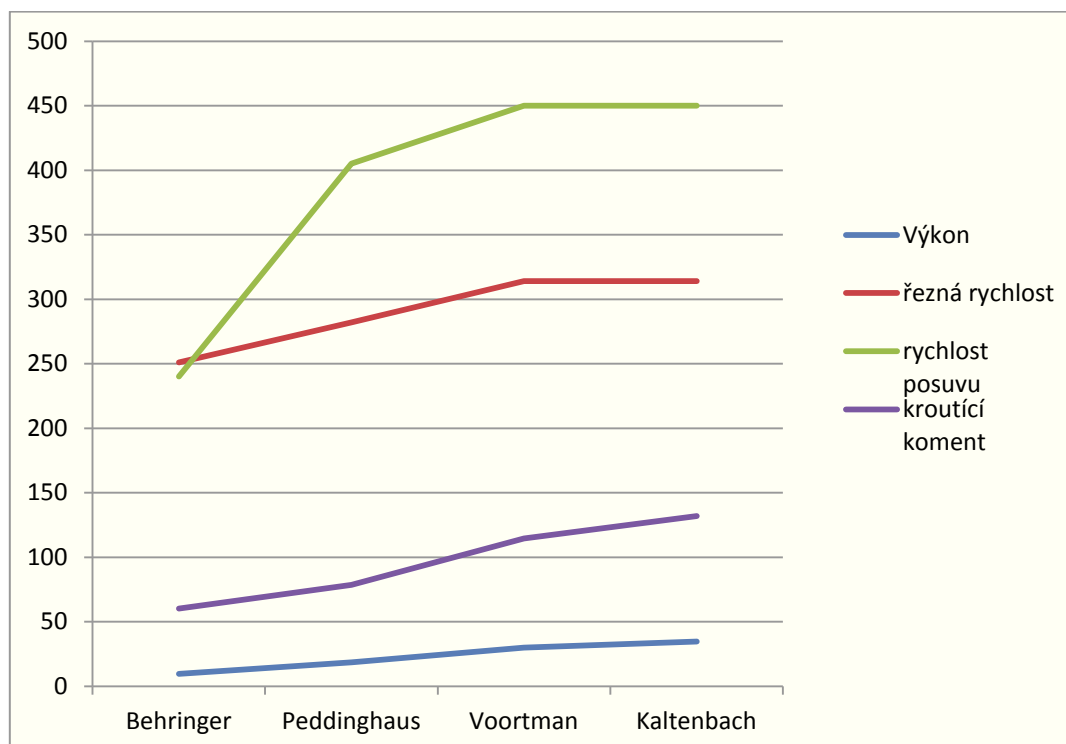
Analýza byla provedena pro vrtání otvorů o velikosti 40 mm. Je to největší dosažitelný vrtaný průměr na všech strojích. Byly stanoveny maximální řezné parametry, jakých jsou stroje schopny dosáhnout při vrtání tohoto průměru. Hodnoty byly vypočteny bez ohledu na omezení nástrojem.

Tabulka 24 Přehled technických parametrů strojů

	Vernet-Behringer	Peddinghaus	Voortman	Kaltenbach
Výkon [kW]	9,5	18,5	30	34,5
Řezná rychlost [m/min]	251	282	314	314
Rychlost posuvu [mm/min]	240	405	450	450
Otáčky [ot/min]	2000	2250	2500	2500
Krouticí moment [Nm]	60,2	78,5	114,6	131,8

Rozhodujícím parametrem v testu je krouticí moment. Je závislý na dvou parametrech a to na výkonu motoru a otáčkách. Vždy je výhodnější mít vyšší výkon než vyšší otáčky. Pokud máme vysokorychlostní stroj s malým výkonem, můžeme očekávat vysoké zatížení převodovky, což může ovlivnit životnost celého stroje.

Výsledky jsou shrnuty v grafu 3, na kterém jsou zjevné nárůsty výkonnostních parametrů moderních strojů oproti původnímu.



Graf 3 Výkonnostní parametry strojů

3.3 Vrtací stroje – zvolené nástroje

U analýzy provedené pro zvolené typy vrtáků bylo postupováno obdobně jako u výpočtů řezných parametrů. U výpočtů řezných parametrů pro jednotlivé stroje však bylo počítáno s omezením výkonu pro jednotlivé řezné nástroje. U kterých zařízení bylo nutné upravit řezné parametry je zřejmé z tabulky 24.

Tabulka 25 Řezné parametry zvolených nástrojů

Nástroj	Průměr vrtáku D [mm]	Rychlost posuvu v_f [mm/min]	Počet otáček n [ot/min]
Monolitický vrták 1	8	381	2387
Monolitický vrták 2	20	868	2069
Destičkový vrták	36	218	2431

Tabulka 26 Vhodnost použití zvolených nástrojů s vrtacími zařízeními

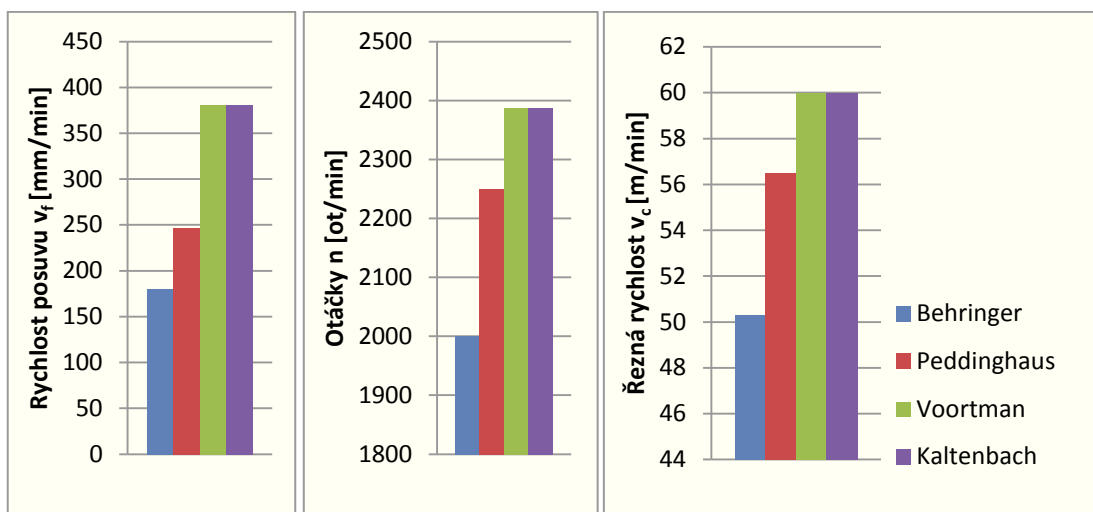
Vrtací zařízení		Možnost využití max. řezných vlastností nástroje		
Název	Max. otáčky	Monolitický vrták 1	Monolitický vrták 2	Destičkový vrták
Vernet-Behringer	2000	NE	NE	NE
Peddinghaus	2250	NE	ANO	NE
Voortman	2500	ANO	ANO	ANO
Kaltenbach	2500	ANO	ANO	ANO

Některé ze strojů nebyly schopny dosáhnout optimální řezných podmínek zadaných od výrobce nástrojů, a proto musely být přizpůsobeny danému stroji.

Tabulka 27 Řezné parametry pro monolitický vrták 1

	Monolitický vrták 1		
	v_f [mm/min]	n [ot/min]	v_c [m/min]
Vernet – Behringer	180	2000	50,3
Peddinghaus	247	2250	56,5
Voortman	381	2387	60
Kaltenbach	381	2387	60

Pro první zvolený nástroj, monolitický vrták o průměru 8mm, dosáhly optimálních podmínek řezu pouze stroje Voortman a Kaltenbach. U současného stroje Vernet – Behringer musela být rychlost posuvu snížena více než o polovinu. Stroj Peddinghaus má parametry lepší než Vernet - Behringer ovšem na nejlepší dva nestačil.

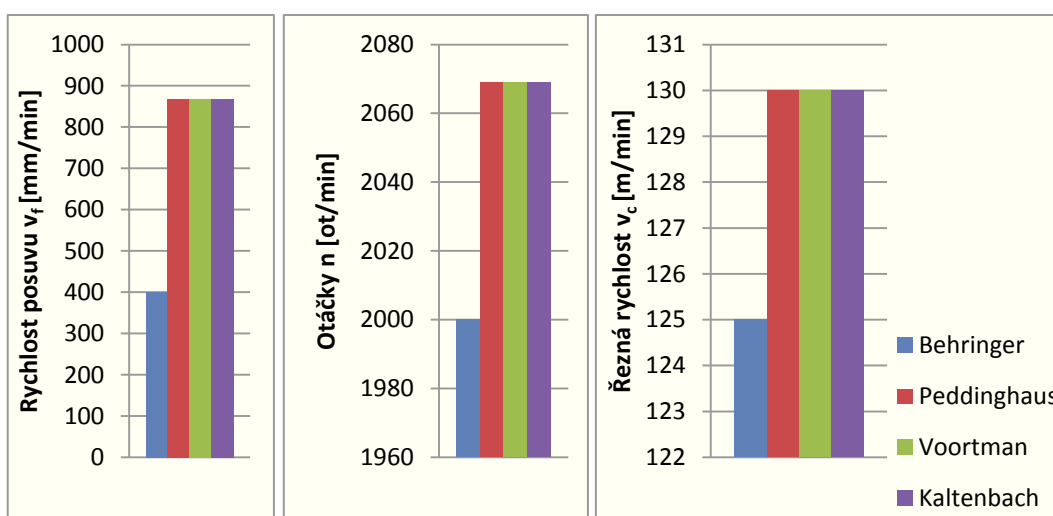


Graf 4 Řezné parametry pro monolitický vrták 1

Tabulka 28 Řezné parametry pro monolitický vrták 2

	Monolitický vrták 2		
	v_f [mm/min]	n [ot/min]	v_c [m/min]
Vernet - Behringer	400	2000	125
Peddinghaus	868	2069	130
Voortman	868	2069	130
Kaltenbach	868	2069	130

Další zvolený monolitický vrták o průměru řezu 20 mm se vyznačuje vysokou rychlostí posuvu. Optimální hodnoty řezu dosahují všechny progresivní zařízení. Současný stroj se opět nachází v číslech více než o polovinu nižších.

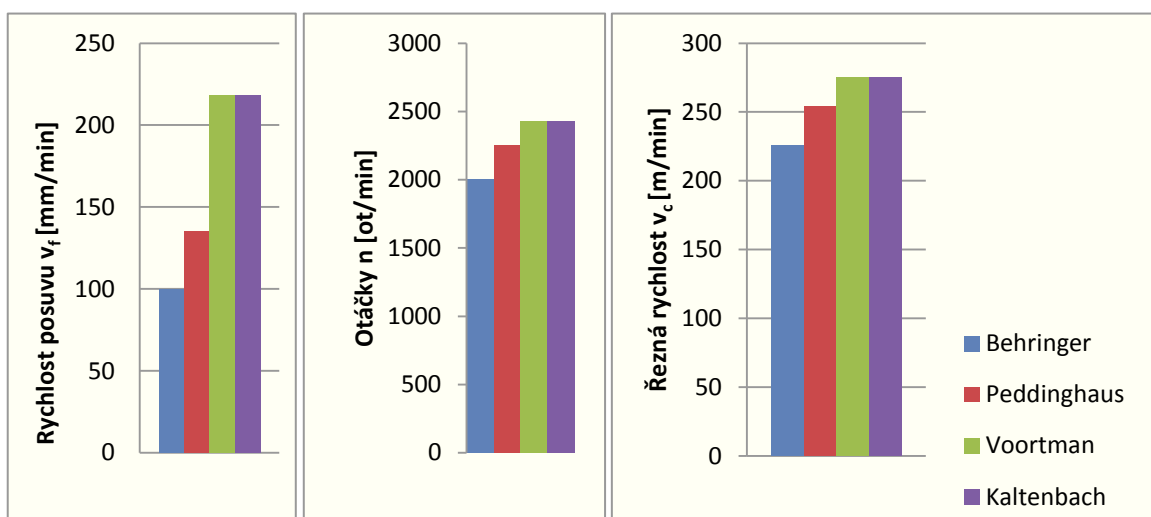


Graf 5 Řezné parametry pro monolitický vrták 2

Tabulka 29 Řezné parametry pro destičkový vrták

	Destičkový		
	v_f (mm/min)	n (ot/min)	v_c (m/min)
Vernet – Behringer	100	2000	226
Peddinghaus	135	2250	254
Voortman	218	2431	275
Kaltenbach	218	2431	275

Pro průměr vrtaného otvoru 36 mm byl zvolen destičkový vrták. Opět v testu uspěly dva nejvýkonnější stroje Voortman a Kaltenbach. U strojů Peddinghaus a Behringer musela být snížena rychlost posuvu.



Graf 6 Řezné parametry pro destičkový vrták

Z analýzy je patrné, že současný stroj Vernet – Behringer nedosahuje takové produktivity, jakou umožňují zvolené řezné nástroje. Stroj Peddinghaus je svými výkony lehce podprůměrný, neboť je nutná korekce řezných parametrů pod hodnoty řezných nástrojů. Poslední dva zástupci, Voortman a Kaltenbach, splňují veškeré podmínky k použití zvolených nástrojů a jsou schopny dosáhnout optimální produktivity vrtání otvorů do ocelových profilů.

4 NAVRHOVANÉ ŘEŠENÍ

4.1 Výběr stroje podle vícekritériálního rozhodování

Pro výběr vhodného stroje bylo použito vícekritériální rozhodování výhradně na základě dosahovaných technických parametrů zařízení. Jednotlivé základní technické parametry byly nejprve obodovány v závislosti na výši jejich dosažení v daném rozmezí. (tabulka 30).

Tabulka 30 Rozmezí parametrů

Parametry		-				+
		1	2	3	4	5
Pily						
Max. řezná rychlost [m/min]		20 – 39	40 – 59	60 – 79	80 – 99	100 – více
Využitelný průřez [mm]	výška	450 – 499	500 – 549	550 – 599	600 – 649	650 – více
	šířka	1000 – 1049	1050 – 1099	1100 – 1149	1150 – 1299	1300 – více
Řezná síla [kN]		3 – 3,9	4 – 4,9	5 – 5,9	6 – 6,9	7 – více
Příkon motoru [kW]		4 – 4,9	5 – 5,9	6 – 6,9	7 – 8,9	9 – více
Rozsah úhlu řezu [°]		50° – 59°	60° – 69°	70° – 89°	90° – 99°	100° – více
Doba řezu [min]		80 – 70	69 – 60	59 – 50	49 – 40	39 – 30
Vrtačky						
Řezná rychlost [m/min]		200 – 224	225 – 249	250 – 274	275 – 299	300 – více
Krouticí moment [Nm]		50 – 99	100 – 109	110 – 119	120 – 129	130 – více
Rychlost posuvu [mm/min]		50 – 149	150 – 249	250 – 349	350 – 449	450 – více
Otáčky vřetene [n/min]		0 – 1500	0 – 1750	0 – 2000	0 – 2250	0 – 2500
Výkon [kW]		7 – 7,9	8 – 9,9	10 – 19,9	20 – 29,9	30 – více

Váha kritérií byla určena metodou porovnání v trojúhelníku párů samostatně pro parametry pil a vrtaček. Vyhodnocené trojúhelníky párů jsou uvedeny v tabulce 31.

Tabulka 31 Metoda porovnání v trojúhelníku párů

Kritérium	Pásové pily	
1	Řezná rychlost	
2	Využitelný průřez [mm]	výška
3		šířka
4	Řezná síla [kN]	
5	Příkon motoru [kW]	
6	Požadované úhly řezu [°]	
7	Doba řezu [min]	
	Vrtací zařízení	
1	Řezná rychlost [m/min]	
2	Krouticí moment [Nm]	
3	Rychlost posuvu [mm/min]	
4	Otáčky vřetene [n/min]	
5	Výkon [kW]	

Pásové pily								
1	1	1	1	1	1	1	Kritérium	Bodové hodnocení
2	3	4	5	6	7	7	1	4
	2	2	2	2	2	2	2	1
	3	4	5	6	7	7	3	1
		3	3	3	3	3	4	4
		4	5	6	7	7	5	4
			4	4	4	4	6	1
			5	6	7	7	7	6
				5	5	5		
				6	7	7		
					6	6		
						7		

Vrtací zařízení						
1	1	1	1	1	Kritérium	Bodové hodnocení
2	3	4	5	5	1	3
	2	2	2	2	2	4
	3	4	5	5	3	1
		3	3	3	4	4
		4	5	5	5	3
			4	4		
				5		

Způsob výpočtu vážených dílčích hodnot [10]:

$$\text{Vážená dílčí hodnota} = \text{Váha kritéria} \cdot \text{Hodnota kritéria}$$

$$\text{Vážená dílčí pořadí} = 4 \cdot 5 = 20$$

Tabulka 32 Vícekriteriální rozhodování

Vícekriteriální rozhodování								
Parametry		Peddinghaus		Voortman		Kaltenbach		Váha kritéria
		Body	VDH	Body	VDH	Body	VDH	
Pily								
Řezná rychlost		5	20	5	20	5	20	4
Využitelný průřez [mm]	výška	2	2	5	5	5	5	1
	šířka	3	3	4	4	5	5	1
Řezná síla [kN]		3	12	5	20	5	20	4
Příkon motoru [kW]		3	12	5	20	5	20	4
Požadované úhly řezu [°]		4	4	4	4	4	4	1
Doba řezu [min]		4	24	5	30	5	30	6
Vrtačky								
Řezná rychlost [m/min]		5	15	5	15	5	15	3
Krouticí moment [Nm]		1	4	3	12	5	20	4
Rychlost posuvu[mm/min]		4	4	5	5	5	5	1
Otáčky vřetene [n/min]		4	16	5	20	5	20	4
Výkon [kW]		3	9	5	15	5	15	3
Suma - vážené dílčí hodnoty			125		170		179	
Výsledné pořadí		3		2		1		

Nejvhodnější stroj z pohledu technických parametrů a tím i dosahování nejvyšší produktivity je stroj Kaltenbach, který se umístil na prvním místě. Druhý v pořadí je stroj Voortman a třetí méně vhodnou variantou je Peddinghaus.

Umístění progresivního zařízení by bylo na stejném místě, jako je situováno zařízení současné. Montáž nevyžaduje žádné zásadní úpravy podlahy ani prostoru haly.

4.2 Ekonomické zhodnocení racionalizačního řešení

Při volbě obnovy pracoviště formou nákupu progresivnějšího stroje dojde k 32 % úspoře času dělení materiálu než na dosavadním stroji. Stávající zařízení je možno odprodat, tudíž bude tato hodnota odečtena z pořizovací ceny zařízení nového. Množství produkce je 12 500 t, což je množství, které by bylo schopno zpracovat i současné zařízení. Hodinová sazba na provoz zařízení je 1200 Kč/h. Hodinová sazba pro nové zařízení je navýšena o částku odpisů o hodnotě 120 Kč/h.

Doba návratnosti investice [21]:

$$T = \frac{J}{N_1 - N_2} \quad [\text{roky}]$$

J – jednorázové náklady (pořizovací cena zařízení, vč. instalace)

N_1 – roční náklady na srovnatelný výkon pro současný stav

N_2 – roční náklady na srovnatelný výkon pro navrhované řešení

n_p – množství produkce za rok; $n_p = 12500$ t

t_1 – doba obrábění 1 tuny na současném zařízení; $t_1 = 55,6 = 0,92$ hod

t_2 – doba obrábění 1 tuny na novém zařízení; $t_2 = 37,9 \text{ min} = 0,63$ hod

N_{h1} – náklady na zpracování 1t materiálu (současný stroj); $N_{h1} = 1200$ Kč/h

N_{h2} – náklady na zpracování 1t materiálu (progresivní stroj); $N_{h2} = 1320$ Kč/h

$$T = \frac{J - 3000000}{n \cdot N_{h1} \cdot t_1 - n \cdot N_{h2} \cdot t_2}$$

$$T = \frac{15000000 - 3000000}{12500 \cdot 1200 \cdot 0,92 - 12500 \cdot 1320 \cdot 0,63}$$

$$T = 3,5 \text{ roku}$$

5 OČEKÁVANÝ PŘÍNOS

5.1 Přínos revitalizace pracoviště

Přínos revitalizace pracoviště formou nákupu progresivního zařízení by přinesl:

- **Navýšení roční produkce přibližně o 30 %**, viz tabulka 33.

Tabulka 33 Předpokládané navýšení produkce

Rok	Produkce (t/rok)
2013	11200
2014	14560 (<i>předpoklad</i>)

- **Úsporu nákladů na opravy.** Průměrné roční náklady na opravy poruch činily 1,5 mil. Náklady na pravidelnou údržbu jsou srovnatelné jako u současného zařízení.
- **Moderní uživatelsky přehledný řídicí systém.**
- **Efektivní spotřebu řezných kapalin.** Řezná kapalina je dopravená středem nástroje přímo do místa řezu a nedochází k plýtvání jako při vnějším chlazení.
- **Docílení maximální kvality práce.** Nové zařízení nahradí opotřebované části, čímž dojde k minimalizování strojních vůlí, které jsou těžko opravitelné. Sofistikovanější a citlivější odměřovací zařízení zajišťují přesnost u veškerých požadovaných úkonů.
- **Možnost použití progresivních řezných nástrojů**, které jsou schopny dosáhnout vyšší produktivity.

5.2 Přínos diplomové práce

- Návrhy na možná řešení pracoviště dělení a vrtání profilového materiálu
- Návrh výběru vhodného zařízení na základě vícekritériálního rozhodování.
- Stanovení návratnosti vložených investic do nového zařízení.

ZÁVĚR

Diplomová práce byla zaměřena na navrhnutí způsobu obnovy pracoviště dělení a vrtání profilového materiálu pro stavbu ocelových konstrukcí. Práce byla řešena v podniku VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. ve výrobním závodě HARD Jeseník.

Na základě analýzy současného stavu pracoviště byl v práci navrhnut způsob obnovy pracoviště dělení a řezání profilového materiálu, který je ekonomický přijatelný a umožní navýšení výrobní kapacity. To umožní splnit výrobní plány pro následující roky a zvýšit zisk z produkce.

Obnova pracoviště dělení a vrtání profilového materiálu je důležitým krokem pro udržení nastaveného výrobního potenciálu a dodržení závazků vůči zákazníkům. Charakteristickým je citát Bati „*Pro nás je dobré jen to nejlepší.*“ [22] Je důležité držet krok s konkurencí a to nejen s tou tuzemskou ale hlavně se porovnávat také s tou zahraniční. Konkurence v oblasti výroby ocelových konstrukcí je vysoká a podnik VPE je schopen se udržet na vrcholu nejen díky objemu výroby, ale při pravidelné obnově strojního vybavení i kvalitou výstupů.

Poděkování

Děkuji Ing. Ivaně Šajdlerové, Ph.D. z Katedry mechanické technologie VŠB-TU Ostrava za vedení mé práce a cenné připomínky. Děkuji také společnosti VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s. za možnost spolupráce a konkrétně Ing. Martinu Procházkovi z TP pro Inspekce a přípravu Generálních oprav za ochotu, vstřícnost, za poskytnutí veškerých potřebných informací a za jeho čas, který mi věnoval.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BĚLOHOUBEK, P. *Investice a výrobní systémy I*, Brno 2001, [vid. 18-4-2014]. ISBN 80-86308-07-3
- [2] ŘASA J., POKORNÝ P., GABRIEL V. *Strojírenská technologie 3 – 2. díl – Obráběcí stroje pro automatizovanou výrobu, fyzikální technologie obrábění*. 1. vyd. Praha, Scientia, spol. s r.o., 2001. 222 s. [vid. 18-4-2014]. ISBN 80-7183-227-8.
- [3] *CNC obrábění* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: http://www.pslib.cz/komplex_CNC_a_CAM/files/Prezentace_PDF/Komplex_CNC_Kk_03.pdf
- [4] ČEP R. *Strojírenská Technologie II*. [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: http://homel.vsb.cz/~cep77/PDF/skripta_Technologie_II_2dil.pdf
- [5] FRISCHHERZ A., SKOP P. *Technologie zpracování kovu I*, Praha, [vid. 18-4-2014]. ISBN: 80-902655-0-2.
- [6] PRAMET, *Katalog řezných nástrojů* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: <http://www.pramet.com/cz/ke-stazeni.html>
- [7] *Povlakování nástrojů* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: http://www.stimzet.cz/data/povlakovani_cz.html
- [8] *Výkonné vrtací nástroje* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: <http://www.mmspektrum.com/clanek/vykonne-vrtaci-nastroje-vysoka-produktivita-obrabeni-2.html>
- [9] SVOBODOVÁ, H., MEJDRECH, V. *Provozní management*. [vid. 18-4-2014]. ISBN 978-80-245-1637-0
- [10] ŠAJDLEROVÁ, I. *Organizace a řízení, cvičení I*. [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: http://www.345.vsb.cz/KE%20vyuka/skripta%20Oa%C5%98_cv%20I.pdf
- [11] HRDÝ, M., KRECHOVSKÁ, M. *Podnikové finance v teorii a praxi*. [vid. 18-4-2014]. ISBN 978-80-7478-011-0
- [12] *Vnitropodnikové materiály společnosti VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a.s.*
- [13] *Normované ocelové profily*. [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: <http://www.staticstools.eu/>
- [14] *Band saw*. [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www: http://www.peddinghaus.com/band-sawing-machines/cnc-cutting-machines/metal-cutting-band-saw/products-1/116_dg1100

- [15] *Drill line*, [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<http://www.peddinghaus.com/drill-line/steel-drilling/drilling-machine/products-1/104_pcd3>
- [16] *Beam Sawing* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<<http://www.voortman.net/en/products/machinery/beam-processing/vb-range>>
- [17] *Beam Drealing* [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<<http://www.voortman.net/en/products/machinery/beam-processing/v600>>
- [18] *Bandsawing machine*, [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<<http://www.kaltenbach.com/en/powerful-solutions/products/machines/bandsawing-machines/kbs-1551-dg/#maschine>>
- [19] *Profile drilling machine*, [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<<http://www.kaltenbach.com/en/powerful-solutions/products/machines/profile-drilling-machines/kdl-1318/>>
- [20] Gühring, *Katalog nástrojů*. [online]. [vid. 18-4-2014]. Dostupný z www:
<http://www.guehring.cz/data/produkty/cz_64.pdf>
- [21] LÍBAL, V. a kol. *Organizace a řízení výroby*. Praha: SNTL, 1989, 558 s. [vid. 18-4-2014]. ISBN 80-03-00050-5.
- [22] ZELENÝ, M. *Cesty k úspěchu*. Zlín 2006. [vid. 18-4-2014]. ISBN 80-239-8233-8
- [23] BOLDIŠ, P. Bibliografické citace dokumentů podle ČSN ISO 609 a ČSN ISO 690-2: Část 2 – Modely a příklady citací u jednotlivých typů dokumentů. Verze 3.0 (2004). © 1999-2004, poslední aktualizace 11. 11. 2004.
Dostupný z www: <<http://boldis.cz/citace/citace2.pdf>>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Funkce jednoúčelového obráběcího stroje.....	12
Obr. 2 Prvky ovlivňující účinnost	13
Obr. 3 Výhody a nevýhody jednoúčelových obráběcích strojů.....	14
Obr. 4 Funkční prvky obráběcí linky	14
Obr. 5 Funkce CAD/CAM systému.....	17
Obr. 6 Šroubovitý vrták s vnitřním chlazením, bez povlaku	20
Obr. 7 Vrták s vyměnitelnými břitovými destičkami z SK s vnitřním chlazením...	21
Obr. 8 Sortiment VPE	25
Obr. 9 HARD Jeseník	26
Obr. 10 Dispoziční schéma	27
Obr. 11 Současné zařízení na dělení materiálu	28
Obr. 12 Současné zařízení na vrtání materiálu	28
Obr. 13 Pásová pila Peddinghaus.....	33
Obr. 14 Vrtací centrum Peddinghaus.....	33
Obr. 15 Vrtací centrum Voortman	33
Obr. 16 Pásová pila Voortman	33
Obr. 17 Pásová pila Kaltenbach	34
Obr. 18 Vrtací centrum Kaltenbach	34
Obr. 19 Monolitický vrták 1	41
Obr. 20 Monolitický vrták 2	42
Obr. 21 Destičkový vrták	42

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 závislost povlaku na životnost nástroje	21
Graf 2 Produktivita pil při $v_c=80$ m/min	45
Graf 3 Výkonnostní parametry strojů	46
Graf 4 Řezné parametry pro monolitický vrták 1	49
Graf 5 Řezné parametry pro monolitický vrták 2	49
Graf 6 Řezné parametry pro destičkový vrták	50

SEZNAM TABULEK

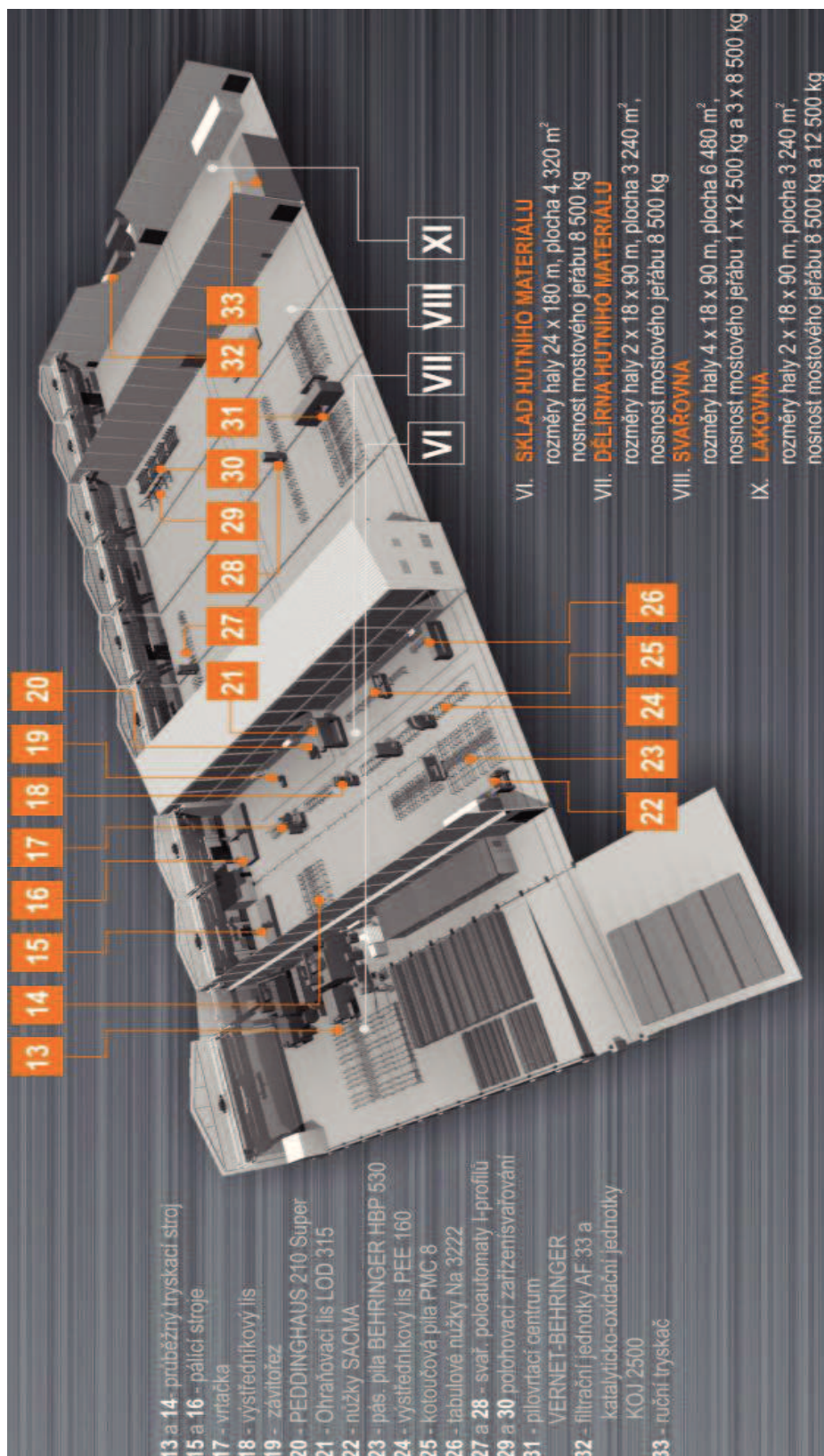
Tabulka 1 Vzorce - řezné parametry	18
Tabulka 2 Vzorce - řezné parametry	19
Tabulka 3 Časový průběh návratnosti investice	24
Tabulka 4 Typy normovaných ocelových profilů	29
Tabulka 5 Přehled poruch a odstávek v předchozích letech	31
Tabulka 6 Množství produkce	31
Tabulka 7 Množství produkce na odpracovanou hodinu	31
Tabulka 8 Produkce po GO	32
Tabulka 9 Technické parametry (současný stroj)	35
Tabulka 10 Technické parametry (progresivní stroje)	36
Tabulka 11 Specifický profilový produkt	36
Tabulka 12 Řezná síla	37
Tabulka 13 Peddinghaus vrtačka - technické parametry	39
Tabulka 14 Peddinghaus vrtačka – výsledky výpočtů	40
Tabulka 15 Voortman vrtačka - technické parametry	40

Tabulka 16 Voortman vrtačka – výsledky výpočtů	40
Tabulka 17 Kaltenbach vrtačka - technické parametry	40
Tabulka 18 Kaltenbach vrtačka – výsledky výpočtů	40
Tabulka 19 Přehled parametrů zvolených nástrojů	43
Tabulka 20 Specifický profilový produkt	43
Tabulka 21 Vernet – Behringer – časy vrtání	44
Tabulka 22 Peddinghaus - časy vrtání	44
Tabulka 23 Voortman/Kaltenbach - časy vrtání	44
Tabulka 24 Přehled technických parametrů strojů	46
Tabulka 25 Řezné parametry zvolených nástrojů	47
Tabulka 26 Vhodnost použití zvolených nástrojů s vrtacími zařízeními	48
Tabulka 27 Řezné parametry pro monolitický vrták 1	48
Tabulka 28 Řezné parametry pro monolitický vrták 2	49
Tabulka 29 Řezné parametry pro destičkový vrták	50
Tabulka 30 Rozmezí parametrů	51
Tabulka 31 Metoda porovnání v trojúhelníku párů	52
Tabulka 32 Vícekriteriální rozhodování	53
Tabulka 33 Předpokládané navýšení produkce	55

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A Dispoziční schéma výroby v HARD Jeseník	63
Příloha B Výkres – současné pilovrtací zařízení	Výkres č. 1

PŘÍLOHY



Příloha A Dispoziční schéma výroby v HARD Jeseník [12]